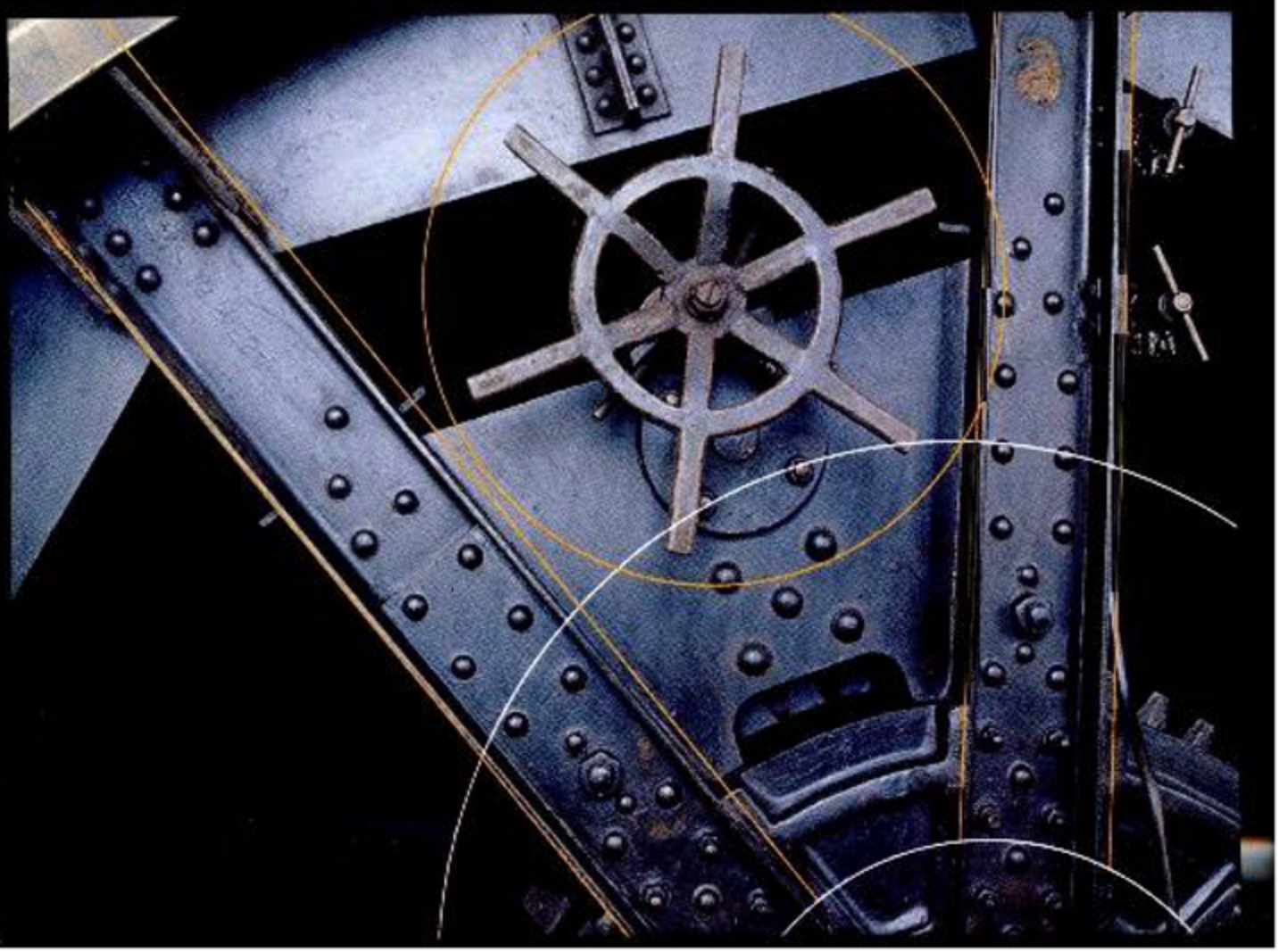
В.П. Куликов А.В. Кузин

инженерная графика



УДК 744(075.32) ББК 30.11я723 К90

Рецензенты:
доктор технических наук, профессор, действительный член Международной академии информатизации *Ю. П. Кораблин;* доктор технических наук, профессор кафедры технологии приборостроения МГТУ им. Н. Э. Баумана *А. С. Чижов*

Куликов В. П., Кузин А. В.

К90 Инженерная графика / В. П. Куликов, А. В. Кузин : учебник. — 3-е изд., испр. — М. : ФОРУМ, 2009. — 368 с. — (Профессиональное образование).

ISBN 978-5-91134-296-8

Учебник «Инженерная графика» соответствует программе одноименного курса, содержит весь необходимый материал для обучения и предназначен для студентов очной, очно-заочной и заочной формы обучения в средних специальных учебных заведениях машиностроительного и приборостроительного профиля.

Учебник содержит сведения о методах и свойствах проецирования, проекциях точки, отрезка прямой линии, плоскостей, геометрических тел, об образовании аксонометрических чертежей. В нем изложены правила выполнения и оформления чертежей деталей, сборочных единиц, а также схем. Рассмотрены правила деталирования сборочных чертежей, приведены сведения о разъемных и неразъемных соединениях, в том числе о стандартных крепежных резьбовых изделиях.

В конце каждой главы приведены вопросы для самопроверки, позволяющие повторить учебный материал и проверить его усвоение.

УДК 744(075.32) ББК

УДК 744(075.32) ББК 30.11я723

ISBN 978-5-91134-296-8

В. П. Куликов, 2006, 2007, 2009 А. В. Кузин, 2006, 2007, 2009 Издательство «ФОРУМ», 2006, 2007, 2009

Оглавление

Предисловие 7

Введение 8

Раздел 1 ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ 11

1.1 Стандарты 11
1.2 Линии, применяемые на чертеже 13
1.3 Форматы 17
1.4 Основные надписи 19
1.5 Шрифты чертежные 21
1.6 Масштабы 25
1.7 Нанесение размеров и предельных отклонений 26
1.8 Сопряжение линий 41
1.9 Деление окружности на равные части 44
1.10 Графическое обозначение материалов в сечениях 45
1.11 Построение уклона и конусности 48

Раздел 2 НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ *51*

2.1 Принятые обозначения 51
2.2 Образование проекций. Проекции центральные 52
2.3 Проекции параллельные 53
2.4 Метод Монжа 56
2.5 Проецирование точки. Точка в системе двух плоскостей проекций 57
2.6 Точка в системе трех плоскостей проекций 58
2.7 Ортогональные проекции и система прямоугольных координат 61
2.8 Проекции отрезка прямой линии 63
2.9 Прямая параллельна одной плоскости проекций 65
2.10 Прямая параллельна двум плоскостям проекций 67
2.11 Точка на прямой. Следы прямой 70

2.12 Взаимное положение двух прямых 73
2.13 О проекциях плоских углов 78
2.14 Проецирование плоских фигур. Способы задания плоскости на чертеже 81
2.15 Следы плоскости 82
2.16 Проекции точки и прямой, расположенных на плоскости 84
2.17 Положение плоскости относительно плоскостей проекций 88
2.18 Проведение проецирующей плоскости через прямую линию 93
2.19 Построение проекций плоских фигур 94
2.20 Взаимное положение двух плоскостей, прямой линии и плоскости 95
2.21 Пересечение прямой линии с плоскостью, перпендикулярной к плоскостям проекций 97
2.22 Построение линии пересечения двух плоскостей 98
2.23 Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения . . 100
2.24 Построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых линий с плоскостью 101
2.25 Построение прямой линии параллельно плоскости 103
2.26 Построение взаимно параллельных плоскостей 104
2.27 Построение взаимно перпендикулярных прямой и плоскости 105
2.28 Построение взаимно перпендикулярных плоскостей 107
2.29 Способы преобразования проекций 109
2.30 Способ перемены плоскостей проекций 110
2.31 Введение в систему ортогональных плоскостей одной дополнительной плоскости проекций 111
2.32 Введение в систему ортогональных плоскостей двух дополнительных плоскостей проекций 112
2.33 Способ вращения 114
2.34 Аксонометрические проекции 116
2.35 Проекции геометрических тел 123
2.36 Проекции призм 124
2.37 Проекции пирамид 126
2.38 Проекции цилиндров 127
2.39 Проекции конусов 130
2.40 Проекции сферы 132
2.41 Пересечение геометрических тел плоскостями и развертка их поверхностей 133
2.42 Сечение призмы плоскостью 134
2.43 Сечение цилиндра плоскостью 136
2.44 Сечение пирамиды плоскостью 140

2.45 Сечение прямого кругового конуса плоскостью 142
2.46 Взаимное пересечение поверхностей тел 145
2.47 Общие правила построения линий пересечения поверхностей 150
2.48 Пересечение поверхностей цилиндра и призмы 150
2.49 Пересечение цилиндрических поверхностей 152
2.50 Пересечение поверхностей призм 155
2.51 Построние линий пересечения поверхностей способом вспомогательных сфер 157
2.52 Кривые линии. Общие сведения о кривых линиях и их проецировании 158
2.53 Плоские кривые линии 161
2.54 Пространственные кривые линии 167
2.55 Цилиндрические винтовые линии 168
2.56 Кривые поверхности 171

Раздел 3 МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ 179

3.1 Виды изделий 179
3.2 Виды и комплектность конструкторских документов 181
3.3 Стадии разработки 183
3.4 Обозначение изделий и конструкторских документов 184
3.5 Изображения — виды, разрезы, сечения 186
3.6 Виды 187
3.7 Разрезы 190
3.8 Сечения 195
3.9 Выносные элементы 197
3.10 Условности и упрощения при выполнении чертежей 198
3.11 Элементы технического рисования и эскизирования 202
3.12 Винтовые поверхности и изделия с резьбой 207
3.13 Резьба, резьбовые изделия 208
3.14 Метрическая резьба 215
3.15 Трубная цилиндрическая резьба 219
3.16 Трубная коническая резьба 220
3.17 Трапецеидальная резьба 222
3.18 Упорная резьба 224
3.19 Прямоугольная резьба 225
3.20 Стандартные резьбовые крепежные детали и их условные обозначения 226
3.21 Резьбовые соединения 239
3.22 Основные сведения о допусках и посадках 245

3.23 Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей 253
3.24 Обозначение шероховатости поверхности 257
3.25 Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки 264
3.26 Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц 270
3.27 Обозначение материалов на чертежах изделий 275
3.28 Основные требования к чертежам 281
3.29 Разъемные соединения 292
3.30 Неразъемные соединения 297
3.31 Зубчатые передачи 307
3.32 Подшипники 315
3.33 Чертежи пружин 316
3.34 Правила выполнения схем 317
3.35 Правила составления текстовых документов 332
3.36 Чтение и деталирование сборочных чертежей 350

Заключение 359

Список литературы 360

Предисловие

Учебник охватывает все темы, предусмотренные программой курса «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» для студентов средних специальных учебных заведений машиностроительного профиля.

Учебная дисциплина «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» является общепрофессиональной, формирующей базовые знания, необходимые для усвоения специальных дисциплин, выполнения студентами курсовых, дипломных проектов и для последующей профессиональной деятельности. Данная дисциплина является основой графической грамотности, которая приобретает особое значение в условиях современного производства, оснащенного станками с программным управлением, робототехникой и системами автоматизированного проектирования.

Обозначения, принятые в книге, являются классическими и введены еще в XIX веке. Эти обозначения просты, выразительны и не загромождают чертежи.

Особенность учебника состоит в том, что теоретический материал курса тесно сочетается с практическими примерами из области приборостроения и правилами выполнения конструкторских документов, отраженных в стандартах.

Оставаясь по содержанию учебником, сам материал курса оформлен как текстовый конструкторский документ по стандарту ЕСКД. Примеры и вопросы для самопроверки являются составной частью общего курса обучения и предназначены для закрепления изучаемого материала, обеспечения контроля знаний студентов и реализации требований Государственного образовательного стандарта к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников ссузов.

В процессе изучения курса студентам прививаются навыки пространственного мышления, чтения и составления наглядных графических изображений, навыки пользования ГОСТами, учебниками и справочной литературой.

В результате изучения материала учебника студент должен узнать основные правила построения графических изображений и основные положения единой системы конструкторских документов (ЕСКД).

Введение

Условиями успешного овладения техническими знаниями являются умение читать чертежи и знание правил их выполнения и оформления. Чертеж является одним из главных носителей технической информации, без которой не обходится ни одно производство.

В настоящее время нельзя представить себе работу и развитие большинства отраслей народного хозяйства, а также науки и техники без чертежей. На вновь создаваемые приборы, машины и сооружения сначала разрабатывают чертежи (проекты). По ним определяют их достоинства и недостатки, вносят изменения в конструкцию. Только после обсуждения чертежей (проектов) изготавливают опытные образцы изделия. Рабочие, инженеры и техники должны уметь читать чертеж, чтобы понять как саму конструкцию, так и работу изображенного изделия, а также изложить свои технические мысли, используя чертеж. Чертежи широко используются и в учебных заведениях при изучении теоретических, общетехнических и специальных предметов.

Техническая графика начала развиваться очень давно, примерно в середине XVII в., и дошедшие до наших дней некоторые чертежи и рисунки свидетельствуют о высоком искусстве их выполнения.

С начала XVIII в. технический рисунок все более уступает место чертежу. Уже в то время требовались чертежи достаточно сложных изделий и сооружений, и для выполнения таких чертежей нужна была специальная подготовка. Чертежи того времени, выполненные нашими русскими чертежниками и отличающиеся высоким качеством исполнения, вычерчены по правилам прямоугольных проекций, хотя в то время теория таких проекций широко не была еще известна.

Все окружающие нас предметы (например, машины, приборы, здания или их части) можно изображать так, как они представляются нашему глазу, — при помощи рисунков или фотографий. В технике же принят другой способ их изображения — в виде чертежей. Предмет изображается на чертеже видимым с различных сторон. Это позволяет передать на чертеже форму предмета и указать все размеры, необходимые для его изготовления.

Отличие чертежа от рисунка и фотографии заключается в том, что на чертеже предметы изображают по особым правилам. Рисунок предмета передает его длину,

высоту и ширину так, как видит его рисующий, т. е. одним изображением. Однако на рисунке отдельные части предмета изображаются с некоторым искажением. Например, цилиндрические отверстия изображаются на рисунке в виде овальных, прямые углы — в виде тупых и острых, а прямоугольные поверхности — в виде параллелограммов. Такими же недостатками обладает и фотография. Вследствие искаженной передачи форм и размеров предметов на рисунках и фотографиях ими пользуются в технике только как вспомогательными средствами изображения.

На чертеже форму предмета передают, как правило, несколькими изображениями. Каждое изображение на чертеже дается только с одной какой-либо стороны предмета. Чтобы представить себе, рассматривая чертеж, форму предмета в целом, надо мысленно объединить его отдельные изображения.

По чертежу с проставленными размерами можно изготовить изображенный на нем предмет.

Любое строительство и любое производство — от обычной шариковой ручки до современного самолета — невозможно без предварительной разработки технической документации.

Чертежом называется графическое изображение объекта (например, изделия) или его части на плоскости (чертежной бумаге, экране монитора и др.), передающее с определенными условностями в выбранном масштабе его геометрическую форму и размеры. В техническом черчении, объектами которого являются изделия и сооружения, применяются различные виды чертежей, представляющие собой отдельные конструкторские документы. Правила выполнения основных видов этих чертежей регламентируются государственными стандартами.

В начертательной геометрии, являющейся теоретической базой для инженерной графики, применяют чертежи (эпюры) чисто геометрических объектов (точек, линий, фигур).

Предметом ***начертательной геометрии*** является изложение и обоснование способов построения изображений пространственных форм на плоскости. Изображения, построенные по правилам, изучаемым в начертательной геометрии, позволяют мысленно представить форму предметов и их взаимное расположение в пространстве, определить их размеры, исследовать геометрические свойства, присущие изображаемому предмету.

Начертательная геометрия, вызывая усиленную работу пространственного воображения, развивает его.

Наконец, начертательная геометрия передает ряд своих выводов в практику выполнения технических чертежей в курсе ***машиностроительного черчения***, обеспечивая их выразительность и точность, а следовательно, и возможность осуществления изображенных предметов на практике.

Знание инженерной графики позволяет специалисту выполнять и читать чертежи так же, как знание азбуки и грамматики позволяет человеку читать и писать тексты. Инженерная графика является таким предметом, при изучении которого студенты знакомятся с широким кругом технических понятий. Знание этого предмета облегчает изучение многих других общетехнических и специальных дисциплин.

Конструирование —- одна из самых творческих сфер умственной деятельности. Велика ответственность конструкторов, так как качество изделий, прежде всего, обеспечивается качеством технической документации.

Государственные стандарты на конструкторскую документацию содержат правила и условные обозначения, которые необходимо соблюдать при выполнении чертежей, схем и других видов конструкторской документации.

В нашей стране введена в действие ***Единая система конструктор-ской документации (ЕСКД)***, представляющая собой комплекс государственных стандартов, содержащих единые требования к выполнению, оформлению и обращению документации для всех отраслей промышленности и строительства.

Правильное и единообразное оформление чертежей облегчает их выполнение, экономит время при чертежной работе, упрощает дальнейшую обработку чертежей и, что особенно важно, их понимание (чтение). Уметь читать чертежи — это значит, по изображениям предмета уметь представить себе его пространственную форму, размеры и др.

Целью изучения настоящего курса является успешное овладение науками начертательной геометрией, инженерной графикой, техническими знаниями и требованиями стандартов при выполнении, оформлении и чтении чертежей.

Изучение курса «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» поможет студентам овладеть специальными учебными дисциплинами, расширит их технический кругозор и позволит осознано читать любую техническую литературу, содержащую чертежи и схемы.

Раздел 1

ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

1.1 Стандарты

При широкой специализации и кооперации предприятий в изготовлении сложных изделий участвуют инженеры, техники и рабочие не одного, а десятков и сотен заводов самых различных отраслей промышленности, часто удаленных друг от друга на тысячи километров. Разнобой в содержании и оформлении конструкторской документации значительно осложнял бы рациональную организацию производства, возможность передачи изготовления изделий с одних предприятий на другие.

Конструкторская документация должна оформляться таким образом, чтобы работа по ней была возможна как на предприятии, на котором эта документация выполнена, так и на любом другом предприятии без дополнительной переработки этой документации. Она должна быть предельно ясна и не допускать различных толкований. Поэтому появилась необходимость установления единых, обязательных для всех правил оформления чертежей, которые делали бы их понятными для любого участка разработки и производства изделия. Такие правила устанавливают стандарты.

Стандартизация — важное средство ускорения научно-технического прогресса. Она позволяет экономить трудовые и материальные ресурсы, сокращать сроки проектирования и изготовления изделий, повышать качество промышленной и сельскохозяйственной продукции, снижать ее стоимость. Объектами стандартизации являются конкретная продукция, товары и услуги, а также нормы, правила, методы, термины, единицы величин и т. п., многократно применяемые в науке, технике, промышленности и т. д. С помощью стандартизации решают многие крупные народнохозяйственные задачи.

Применение стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) позволяет реализовать единую межгосударственную систему графических изображений. ЕСКД удовлетворяет требованиям современного производства и обеспечивает на высоком уровне разработку технических документов. Характерным для этой системы являет-

ся 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 правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями всей страны на все виды конструкторских документов.

ГОСТ 2.001—93 устанавливает общие положения по целевому назначению, области распространения, классификации и обозначению стандартов, входящих в комплекс Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

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

Обозначения стандартов ЕСКД строятся по классификационному принципу. Номер стандарта составляется из цифры «2», присвоенной классу всех стандартов ЕСКД; одной цифры (после точки), обозначающей классификационную группу стандартов (таблица 1); двузначной цифры, определяющей порядковый номер стандарта в данной группе, и двузначной цифры (после тире), указывающей год регистрации стандарта.

Таблица 1 — Группы стандартов ЕСКД

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
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов строительных и судостроения
9	Прочие стандарты

Пример обозначения стандарта ЕСКД «Шрифты чертежные» — ГОСТ 2.304—81:

ГОСТ — категория нормативно-технического документа (межгосударственный стандарт);

2 — класс, присвоенный всем стандартам ЕСКД;
3 — классификационная группа стандартов (таблица 1);
04 — порядковый номер стандарта в группе;
81 — год регистрации стандарта.

При разработке конструкторской документации необходимо соблюдать требования не только класса стандартов ЕСКД, но и большого количества стандартов, с частью которых студенты познакомятся в настоящем учебном пособии. Стандарты имеют силу закона. Применение их обязательно на всех предприятиях, на стройках, в проектных организациях и в учебных заведениях.

Вопросы для самопроверки

1. Какие правила устанавливают стандарты ЕСКД?
2. Что входит в обозначение стандарта ЕСКД?
3. На сколько классификационных групп распределены стандарты ЕСКД? Назовите эти группы.

1.2 Линии, применяемые на чертеже

При выполнении любого чертежа основными его элементами являются линии. Согласно ГОСТ 2.303—68 для изображения изделий на чертежах применяют линии различных типов в зависимости от их назначения, что способствует более четкому выявлению формы изображаемого изделия.

Наименование, начертание и толщина линий по отношению к толщине сплошной основной линии должны соответствовать указанным в таблице 2.

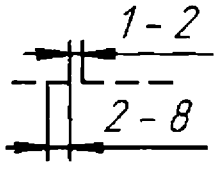
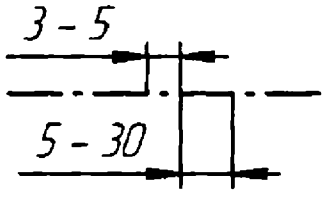
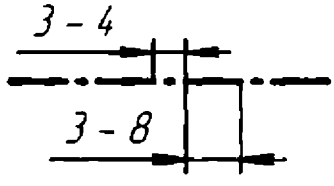
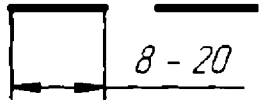
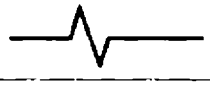
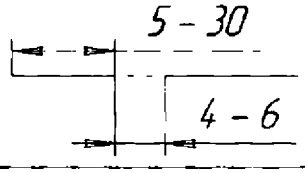
Толщина сплошной основной линии S должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. Длину штрихов в штриховых и штрих-пунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения. Штрихи в линии и промежутки между штрихами в линии должны быть приблизительно одинаковой длины. Штрих-пунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами. Штрих-пунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении составляют менее 12 мм.

Основное назначение линий.

1 Сплошная толстая основная линия применяется для изображения видимого контура предмета, контура вынесенного сечения и разреза.

Таблица 2 — Типы линий на чертеже

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии
1 Сплошная толстая основная		*S*
2 Сплошная тонкая		От *S*/2 до *S*/3
3 Сплошная волнистая		От *S*/2 до *S*/3
4 Штриховая		От *S*/2 до *S*/3
5 Штрих-пунктирная тонкая		От *S*/2 до *S*/3
6 Штрих-пунктирная утолщенная		От *S*/2 до 2*S*/3
7 Разомкнутая		От *S* до 3*S*/2
8 Сплошная тонкая с изломами		От *S*/2 до *S*/3
9 Штрих-пунктирная с двумя точками тонкая		От *S*/2 до *S*/3

2 Сплошная тонкая линия применяется для изображения размерных и выносных линий, штриховки сечений, линии контура наложенного сечения, полки линий-выносок, линии-выноски, линий ограничения выносных элементов на видах, разрезах, сечениях.

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

4 Штриховая линия применяется для изображения линий невидимого контура.

5 Штрих-пунктирная тонкая линия применяется для изображения осевых и центровых линий, линий сечения, являющихся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений.

*6 **Штрих-пунктирная утолщенная линия*** применяется для изображения линий, обозначающих поверхности, подлежащие термообработке или покрытию.

*7 **Разомкнутая линия*** применяется для обозначения линий сечения.

*8 **Сплошная тонкая с изломами линия*** применяется для изображения длинных линий обрыва.

*9 **Штрих-пунктирная с двумя точками тонкая линия*** применяется для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях, линий сгиба на развертках.

На чертеже детали (рисунок 1) показаны примеры применения некоторых линий.

Последовательность построения любого чертежа на листе следующая:

– заготовляют лист необходимого формата, наносят рамку, чертят графы основной надписи и размечают на поле чертежа места построения необходимых изображений;

– проводят осевые и центровые линии: сначала горизонтальные, потом вертикальные, приняв расстояния между ними согласно размерам изображения и учитывая необходимость равномерного распределения изображений на поле чертежа;

– проводят дуги и окружности малых радиусов из соответствующих центров, а затем — дуги и окружности больших радиусов;

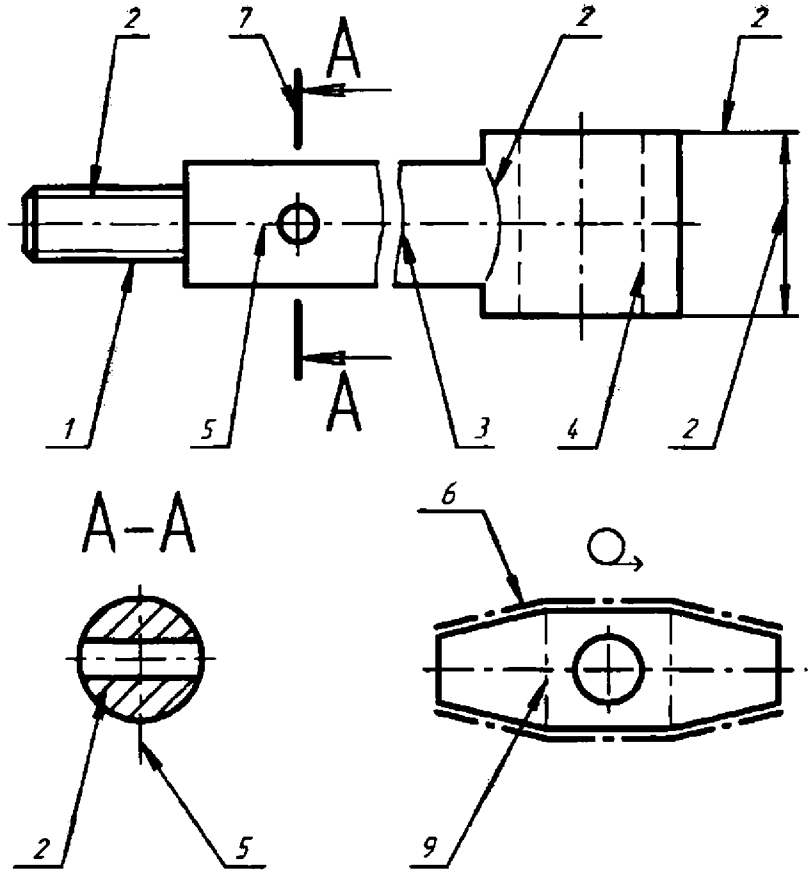


Рисунок 1

Примечание. Типы линий на рисунке 1 и в таблице 2 обозначены одним номером позиции.

– проводят горизонтальные, вертикальные, а затем наклонные прямые линии.

Указанные предварительные построения выполняют твердым карандашом (Т или 2Т) тонкими сплошными линиями, соблюдая правила пользования чертежными инструментами. Затем приступают к обводке чертежа.

Обводят чертеж в такой последовательности:

– обводят дуги и окружности малых радиусов, затем дуги и окружности больших радиусов;
– обводят горизонтальные, вертикальные и наклонные линии;
– выполняют линии обрыва или излома и линии невидимого контура;
– наносят осевые и центровые штрих-пунктирные линии;
– наносят выносные и размерные линии;
– наносят размерные стрелки;
– наносят линии штриховки;
– пишут размерные числа и делают необходимые надписи на чертеже.

При этом толщину линий обводки выбирают согласно установленным типам линий чертежа.

Сплошные основные линии обводят карандашом М или ТМ, следя за тем, чтобы обведенные линии совпадали с намеченными тонкими линиями.

При выполнении учебных чертежей надо учитывать, что от правильного применения линий по их назначению, правильного выбора их толщин, качественного выполнения штриховых и штрих-пунктирных линий в большой мере зависит удобство пользования чертежом, пригодность его для репрографии (изготовления копий) и микрофильмирования.

Основным линиям (линиям видимого контура) следует при обводке придавать толщину 0,8—1,0; линиям штриховым (линиям невидимого контура) — 0,4—0,5; остальным — 0,25—0,3 мм.

Разомкнутой линии лучше придавать толщину, равную 1,5*S*, а не *S*.

Желательно научиться различать толщину линий с точностью до 0,1...0,15 мм.

Расстояние между двумя любыми параллельными линиями не должно быть меньше 0,8 мм, а лучше — 1,0—1,2 мм.

Вопросы для самопроверки

1. В каких пределах должна быть толщина сплошной основной линии?
2. Какая толщина принята для штриховой, штрих-пунктирной, сплошной тонкой и волнистой линии в зависимости от толщины сплошной основной линии?

1.3 Форматы

ГОСТ 2.301—68 устанавливает форматы листов чертежей и других конструкторских документов всех отраслей промышленности. Применение таких форматов позволяет экономить бумагу, легко комплектовать и брошюровать чертежи и другие конструкторские документы в альбомы, создает удобство их хранения, а также пользования ими.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией в соответствии с рисунком 2.

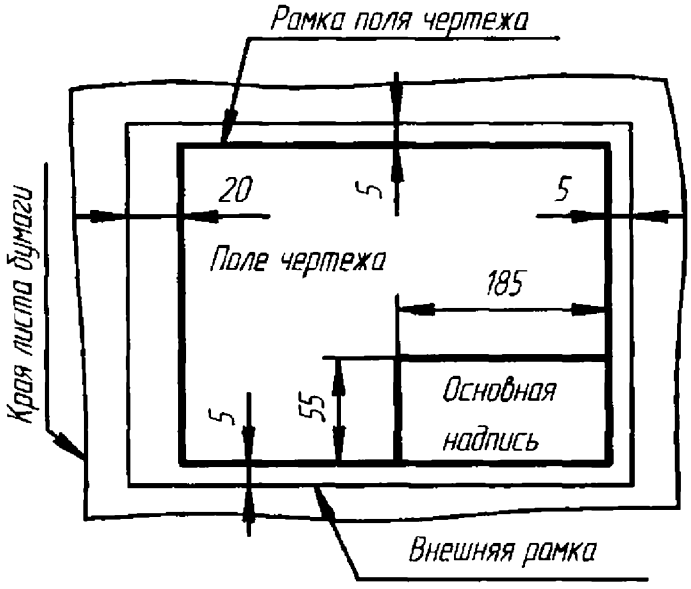


Рисунок 2

Формат листа размером 1189 × 841 мм, площадь которого примерно равна 1 кв. м, и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части, параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные (таблица 3).

Таблица 3 — Значения размеров сторон основных форматов

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

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Размеры дополнительных форматов следует выбирать по таблице 4. Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности, согласно таблице 4, например: A0 × 2, A4 × 8 и т. д.

Таблица 4 **В миллиметрах**

Кратность	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
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 × 1782	297 × 1261
7	—	—	—	420 × 2080	297 × 1471
8	—	—	—	—	297 × 1682
9	—	—	—	—	297 × 1892

Предельные отклонения размеров сторон формата — по таблице 5.

Таблица 5 **В миллиметрах**

Размеры сторон форматов	Предельные отклонения
До 150	±1.5
Св. 150 до 600	±2,0
Св. 600	±3,0

Форматы листов чертежей, схем и текстовых документов выбирают в соответствии с требованиями выше указанного стандарта, при этом предпочтительными являются основные форматы. При выборе форматов необходимо учитывать объем и сложность проектируемого изделия, степень детализации данных, обусловленную назначением чертежа или схемы. Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение чертежа без нарушения их наглядности и удобства пользования.

На каждом формате выполняется внутренняя рамка, ограничивающая рабочее поле чертежа. Линии этой рамки проводят сплошной толстой основной линией от верхней, правой и нижней сторон формата (во внутрь от внешней рамки) на 5 мм и на 20 мм от левой, образуя поле для подшивки листа.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные форматы по ГОСТ 2.301—68.
2. Как образуются дополнительные форматы чертежей?

1.4 Основные надписи

Каждый конструкторский документ должен иметь основную надпись, содержащую общие сведения об изображаемых объектах. Формы, размеры, содержание, порядок заполнения основных надписей и дополнительных граф к ним в конструкторских документах устанавливает ГОСТ 2.104—68. Основные надписи на чертежах и схемах должны соответствовать форме 1 (рисунок 3), а в текстовых документах форме 2 (рисунок 4) и форме 2а (рисунок 5).

Основные надписи, дополнительные графы к ним и рамки выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303—68.

Основные надписи располагают в правом нижнем углу конструкторских документов, вплотную к рамке (рисунок 2).

На листах формата А4 по ГОСТ 2.301—68 основные надписи располагают только вдоль короткой стороны листа.

Форма 1 ГОСТ 2.104—68

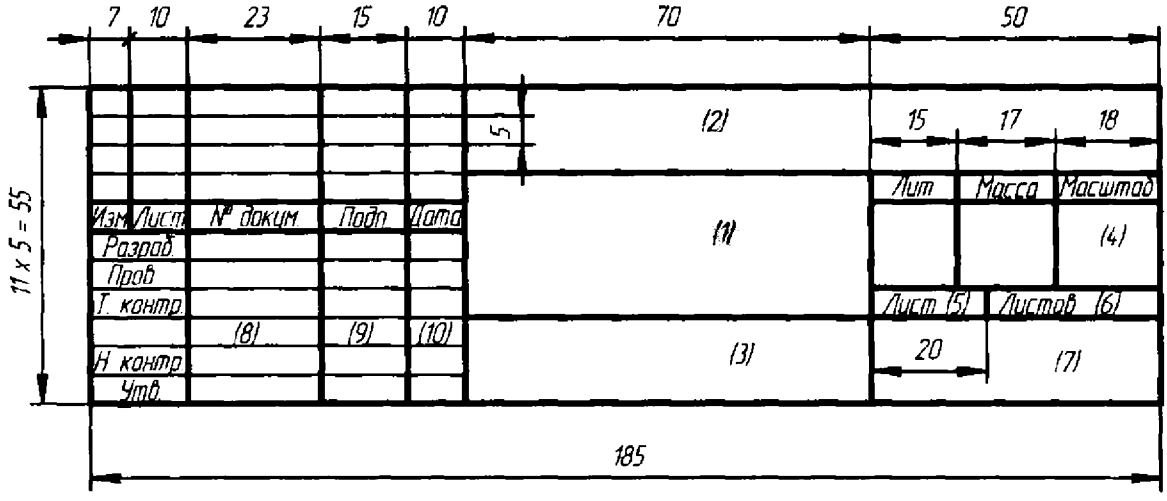


Рисунок 3

Форма 2 ГОСТ 2.104—68

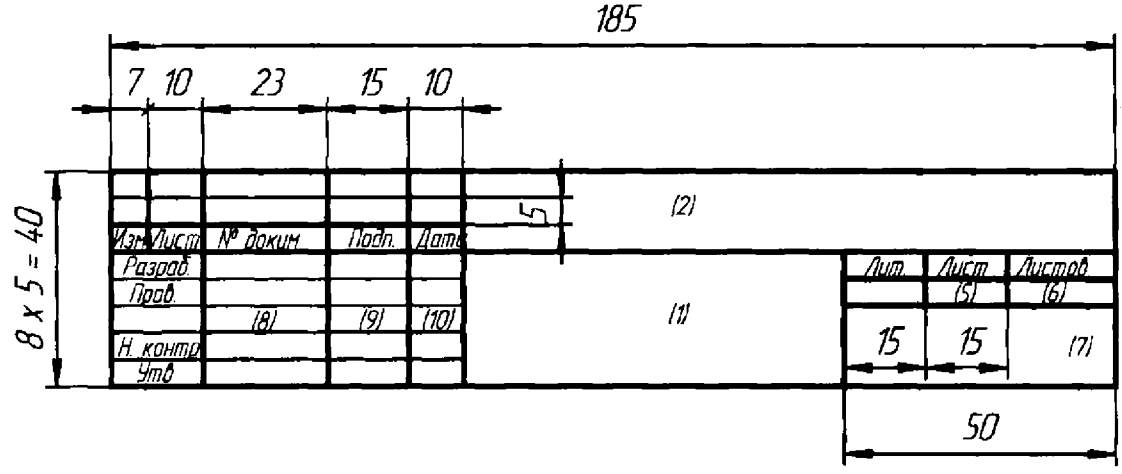


Рисунок 4

Форма 2а ГОСТ 2.104—68

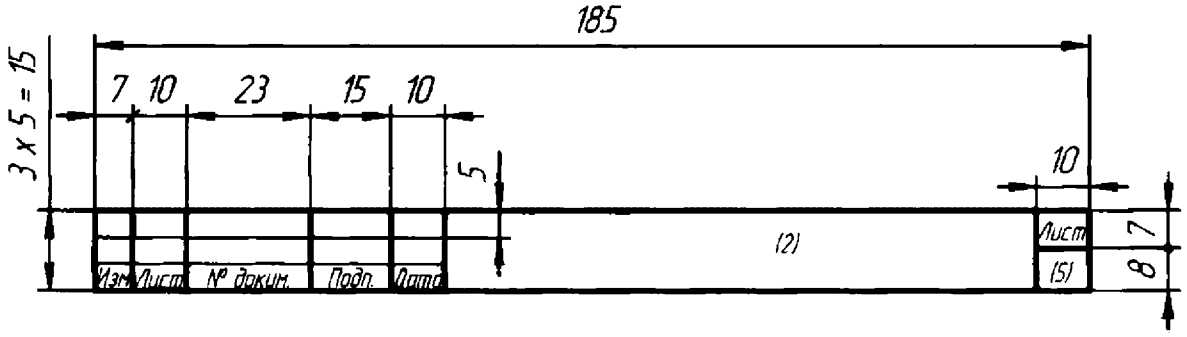


Рисунок 5

В графах основной надписи на учебных чертежах указывают:

- в графе 1 — наименование изделия;
- в графе 2 — обозначение документа;
- в графе 3 — обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах детали);
- в графе 4 — масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302—68 и ГОСТ 2.109—73);
- в графе 5 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);
- в графе 6 — общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);
- в графе 7 — наименование предприятия, выпустившего документ (на учебных чертежах наименование учебного заведения и номер группы);
- в графе 8 — фамилии лиц, подписавших документ;
- в графе 9 — собственноручные подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 8;
- в графе 10 — дату подписания документа, с указанием числа, месяца, года.

На учебных чертежах графы 8, 9 и 10 заполняют для строк «Разраб» и «Пров».

Подписи и дату вносят в конструкторские документы чернилами, тушью или шариковой авторучкой.

Пример заполнения граф основной надписи для чертежа детали «Кронштейн» приведен на рисунке 6.



Рисунок 6

Пример заполнения граф основной надписи для сборочного чертежа «Телескоп ТР-100» приведен на рисунке 7.



Рисунок 7

Пример заполнения граф основной надписи листа, следующего после титульного (второй лист), для текстового конструкторского документа «Пояснительная записка» приведен на рисунке 8.



Рисунок 8

Пример заполнения граф основной надписи последующих листов для текстового конструкторского документа «Пояснительная записка» приведен на рисунке 9.



Рисунок 9

Вопросы для самопроверки

1. Какие сведения указывают в основной надписи?
2. Назовите виды основных надписей.

1.5 Шрифты чертежные

Чертежи, схемы и другие конструкторские документы содержат необходимые надписи: названия изделий, размеры, данные о материале, обработке поверхностей детали, технические требования, характеристи-

ки и другие надписи. Типы и размеры шрифта, русский, латинский и греческий алфавит, арабские и римские цифры, знаки, правила написания дробей, показателей степени, индексов и предельных отклонений установлены ГОСТ 2.304—81.

Если надписи на чертежах сделаны небрежно, то при изготовлении деталей по таким чертежам возможны ошибки.

Стандарт устанавливает чертежные шрифты для надписей, которые наносятся на чертежи и другие конструкторские документы всех отраслей промышленности следующих размеров: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Размеры шрифтов определяются *высотой h* прописных (заглавных) букв в миллиметрах (рисунок 10).

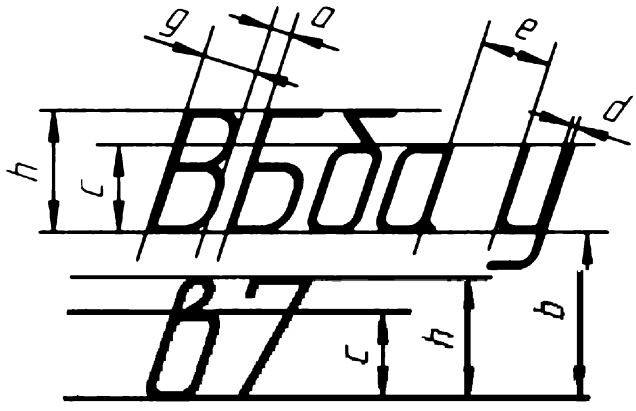


Рисунок 10

Эта высота измеряется по направлению перпендикулярному к основанию строки.

Для облегчения понимания и построения конструкции шрифта стандартом предусмотрена сетка, образованная вспомогательными линиями, в которые вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линий шрифта *d* (рисунок 11).

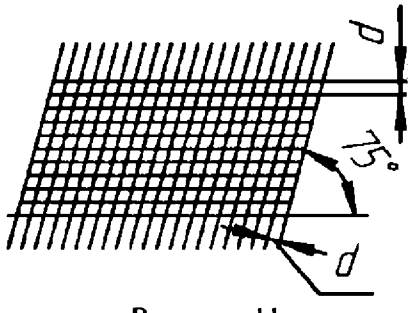


Рисунок 11

Устанавливаются следующие типы шрифта:

— тип *А* с наклоном около 75° ($d = 1/14h$);

— тип *А* без наклона ($d = 1/14h$);

— тип *Б* с наклоном около 75° ($d = 1/10h$);

— тип *Б* без наклона ($d = 1/10h$).

Шрифт типа *Б* с наклоном в учебной практике является более предпочтительным.

На рисунке 12 показано вписывание букв шрифта типа *Б* с наклоном в сетку.



Рисунок 12

На рисунке 13 показано вписывание цифр шрифта типа *Б* с наклоном в сетку.



Рисунок 13

Параметры шрифта типа *Б* с наклоном около 75° ($d = 1/10h$) приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Размеры шрифта

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер		Размеры, мм					
Высота прописных букв	h	$(10/10)h$	$10d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Высота строчных букв	c	$(7/10)h$	$7d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Толщина линий шрифта	d	$(1/10)h$	d	0,25	0,35	0,50	0,70	1,00	1,40
Расстояние между буквами	a	$(2/10)h$	$2d$	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальный шаг строк	b	$(17/10)h$	$17d$	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0
Минимальное расстояние между словами	e	$(6/10)h$	$6d$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4

Предельные отклонения размеров букв и цифр 0,5 мм.

Для правильного написания стандартного шрифта надо сначала изучить конструкцию букв и цифр.

Надписи на чертежной бумаге выполняют в такой последовательности:

- решают вопрос о размещении надписи при выбранном размере шрифта;
- наносят сетку, состоящую из параллелограммов;
- заполняют сетку, не обводя буквы;
- проверяют текст и обводят надпись карандашом с мягким стержнем.

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 проводят остро заточенным карандашом с твердым стержнем так, чтобы после выполнения надписи эти линии не стирать.

Ширина букв и цифр шрифта типа *Б* с наклоном около 75° ($d = 1/10h$) приведена в таблице 7.

Таблица 7 — Размеры букв и цифр

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер		Размеры, мм					
Высота прописных букв	*h*	(10/10)*h*	10*d*	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Ширина прописных букв и цифр:									
Г, Е, З, С, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 0;	*g*	(5/10)*h*	5*d*	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0
А, Д, М, Х, Ю;		(7/10)*h*	7*d*	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Ж, Ф, Ш, Щ;		(8/10)*h*	8*d*	2,0	2,8	4,0	5,6	8,0	11,2
Остальные буквы и цифра 4;		(6/10)*h*	6*d*	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Цифра 1		(3/10)*h*	3*d*	0,8	1,0	1,5	2,1	3,0	4,2
Ширина строчных букв и цифр:									
з, с;	*g*	(4/10)*h*	4*d*	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	5,6
м, ы, ю;		(6/10)*h*	6*d*	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
ф, ш, щ;		(7/10)*h*	7*d*	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Остальные буквы		(5/10)*h*	5*d*	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0

Вопросы для самопроверки

1. Какие установлены размеры шрифта и чем определяется размер шрифта?
2. Как установить высоту строчных букв шрифта?

1.6 Масштабы

Чертежи рекомендуется выполнять по возможности в натуральную величину, что дает правильное представление о действительных размерах изделия. Но это не всегда позволяют размеры изделия и размеры форматов листов. В таких случаях чертеж выполняют в уменьшенном или увеличенном виде, т. е. в некотором масштабе. ***Масштаб*** — это отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре.

ГОСТ 2.302—68 устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах всех отраслей промышленности. Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда (таблица 8).

Таблица 8 — Масштабы изображений

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 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, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, а также при обозначении выносного элемента, должен обозначаться по типу 1:1, 1:2, 2:1 и т. п.

При выборе масштаба следует руководствоваться, прежде всего, удобством пользования чертежом.

Искажение масштаба на чертеже допускается в случаях, когда некоторые элементы изображения трудно вычертить или желательно усилить их зрительное восприятие, и при изображении в мелких масштабах тонких пластин, прокладок, шайб.

Следует помнить, что в каком бы масштабе ни выполнялось изображение, размерные числа на размерах чертежа наносят действительные, т. е. те, которые должна иметь деталь в натуре.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется масштабом, и какие масштабы установлены для выполнения чертежей?
2. Приведите пример масштаба уменьшения.
3. Зависят ли наносимые на чертеже размерные числа от масштаба на чертеже?

1.7 Нанесение размеров и предельных отклонений

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

Это очень важный стандарт. Пропуск размера или ошибка хотя бы в одном из размеров делают чертеж непригодным к использованию, так как определять пропущенные или ошибочные размеры путем обмера соответствующих мест на чертеже не допускается.

Поэтому простановка размеров — одна из наиболее ответственных стадий при разработке чертежа.

В этой операции принято различать: ***задание размеров*** — какие размеры и с какой точностью необходимо задать на чертеже, чтобы изображенное на нем изделие, возможно было изготовить (чертеж должен быть метрически определенным), и ***нанесение размеров*** — как следует расположить их на чертеже.

Задание размеров зависит от многих факторов — конструктивных, прочностных, технологических и др.

При выполнении первых учебных чертежей студенту нужно знать правила нанесения размеров на выполняемом чертеже по чертежу задания.

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями (рисунок 14, *а*). Размерные числа должны соответствовать действительным размерам изображаемого предмета, независимо от того, в каком масштабе и с какой точностью выполнен чертеж, т. е. основание для определения величины изображаемого изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже. Основанием для определения требуемой точности изделия при изготовлении являются указанные на чертеже предельные отклонения размеров, а также предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

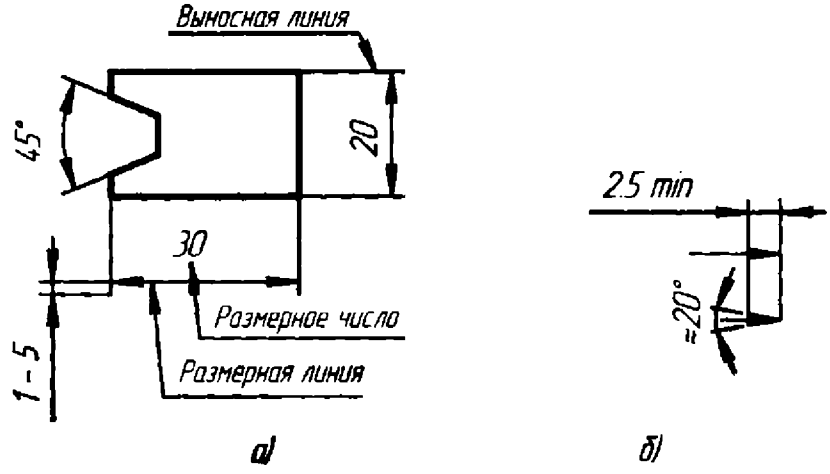


Рисунок 14

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Различают размеры ***исполнительные***, каждый из которых используют при изготовлении изделия и его приемке (контроле), и ***справочные***, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указанные для большего удобства пользования чертежом. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «*Размеры для справок».

К справочным относят следующие размеры:

- один из размеров замкнутой размерной цепи;
- размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например, ход поршня, ход штока клапана двигателя внутреннего сгорания и т. п.;
- размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных;
- габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей.

Установочными и ***присоединительными*** называются размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию.

Габаритными называются размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.

На чертежах изделий у размеров, контроль которых технически затруднен, наносят знак «*» или «**» (если знак «*» уже нанесен для справочных размеров), а в технических требованиях помещают надпись:

«** Размеры обеспечить инструментом».

Указанная надпись означает, что выполнение заданного чертежом размера с предельным отклонением должно гарантироваться размером инструмента или соответствующим технологическим процессом. При этом размеры инструмента или технологический процесс проверяются периодически в процессе изготовления изделий. Периодичность контроля инструмента или технологического процесса устанавливается предприятием-изготовителем совместно с представителем заказчика.

Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации.

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

Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах и в спецификациях указывают в ***миллиметрах***, без обозначения единицы измерения. Для размеров и предельных отклонений, приводимых в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения. Угловые размеры и предельные отклонения угловых размеров указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например: 0°30′40″.

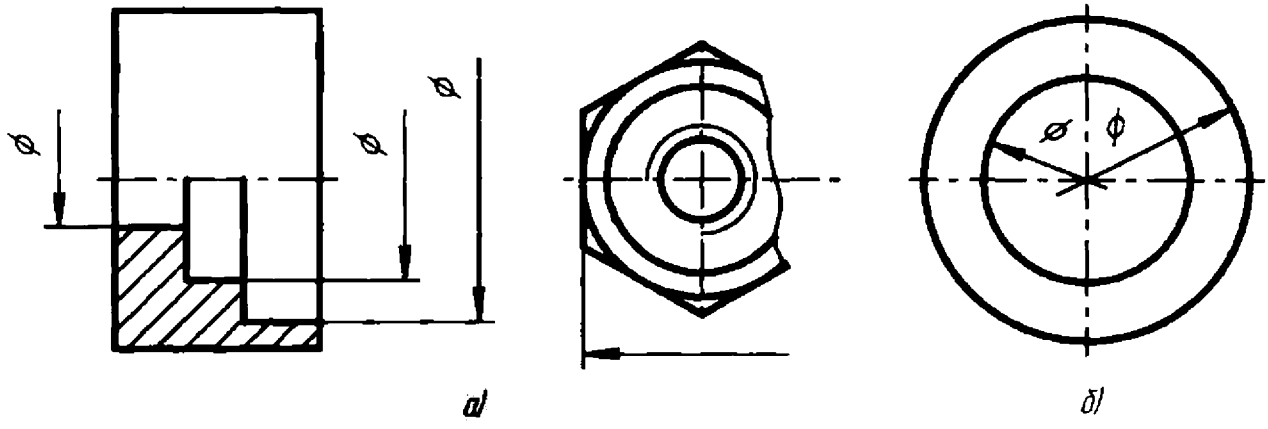
Если на чертеже размеры необходимо указать не в миллиметрах, а в других единицах измерения (сантиметрах, метрах и т. д.), то соответствующие размерные числа записывают с обозначением единицы измерения (см, м) или указывают их в технических требованиях.

На строительных чертежах единицы измерения в этих случаях допускается не указывать, если они оговорены в соответствующих документах.

Стрелки, ограничивающие размерные линии, должны упираться острием в соответствующие линии контура или выносные и осевые линии. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1—5 мм (рисунок 14, *а*).

Величина стрелки выбирается в зависимости от толщины линии видимого контура и должна быть одинакова для всех размерных линий чертежа. Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов показаны на рисунке 14, *б*. 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, на расстоянии, примерно, около одного миллиметра от нее, и возможно ближе к середине (рисунок 14, *а*). Размерное число ставят слева от вертикальной размерной линии. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии — перпендикулярно размерным. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии — радиально (рисунок 14, *а*). Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных. Если вид или разрез симметричного предмета или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом, и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета (рисунок 15, *а*).



а) *б*)

Рисунок 15

Размерные линии допускается проводить с обрывом при указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично, при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (рисунок 15, *б*). При нанесении нескольких параллельных или концентричных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в «шахматном порядке» (рисунок 16). При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям или четко наносимыми точками (рисунок 16).

При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (рисунок 17, *а*). При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают и наносят действительный размер (рисунок 17, *б*).

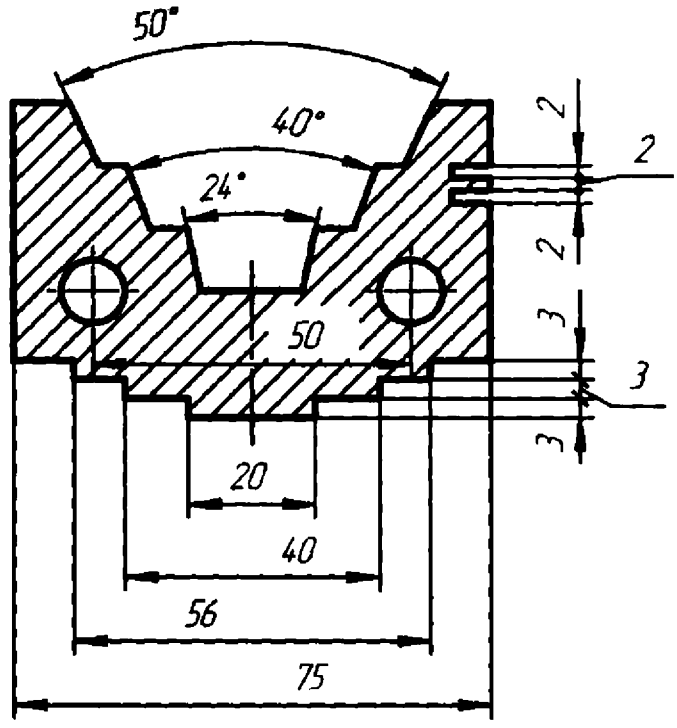


Рисунок 16

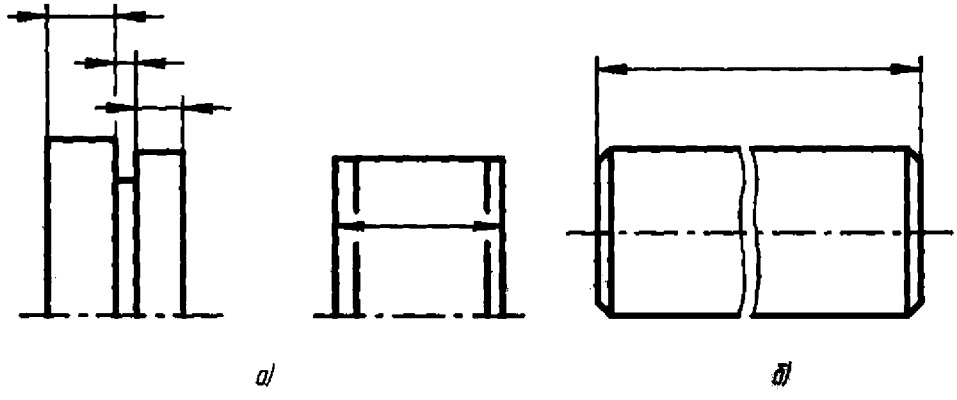


Рисунок 17

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рисунке 18.

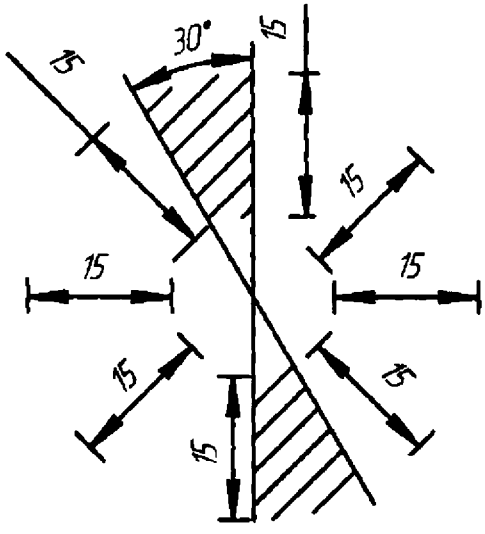


Рисунок 18

Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (рисунок 19). Угловые размеры наносят так, как показано на рисунке 20. Для углов малых размеров при недостатке места размерные числа помещают на полках линий-выносок в любой зоне (рисунок 21).

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на рисунке 22.

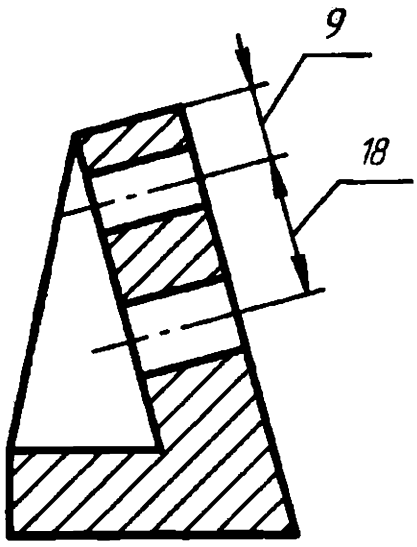


Рисунок 19

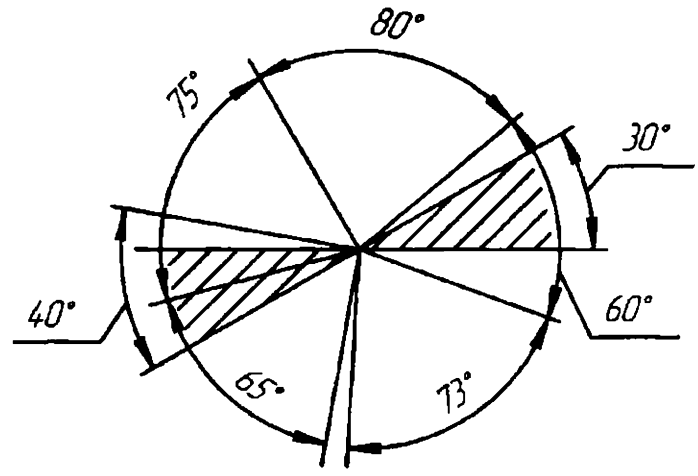


Рисунок 20

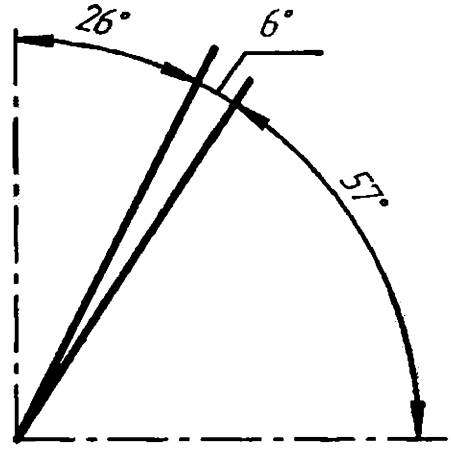


Рисунок 21

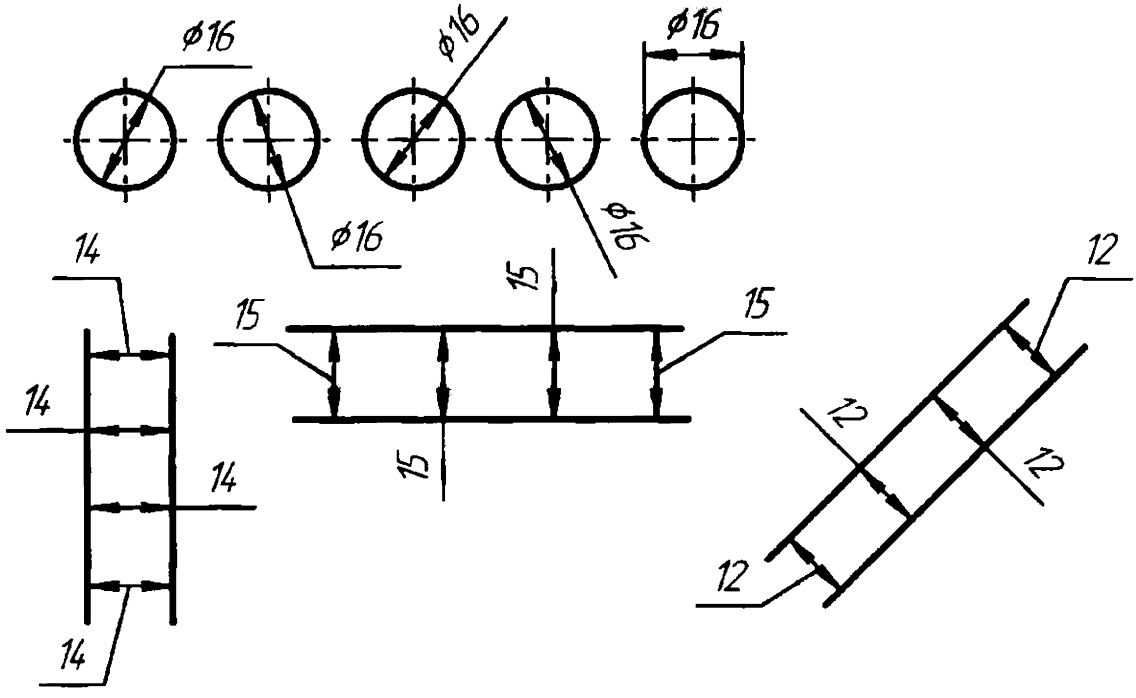


Рисунок 22

Если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят, как показано на рисунке 23.

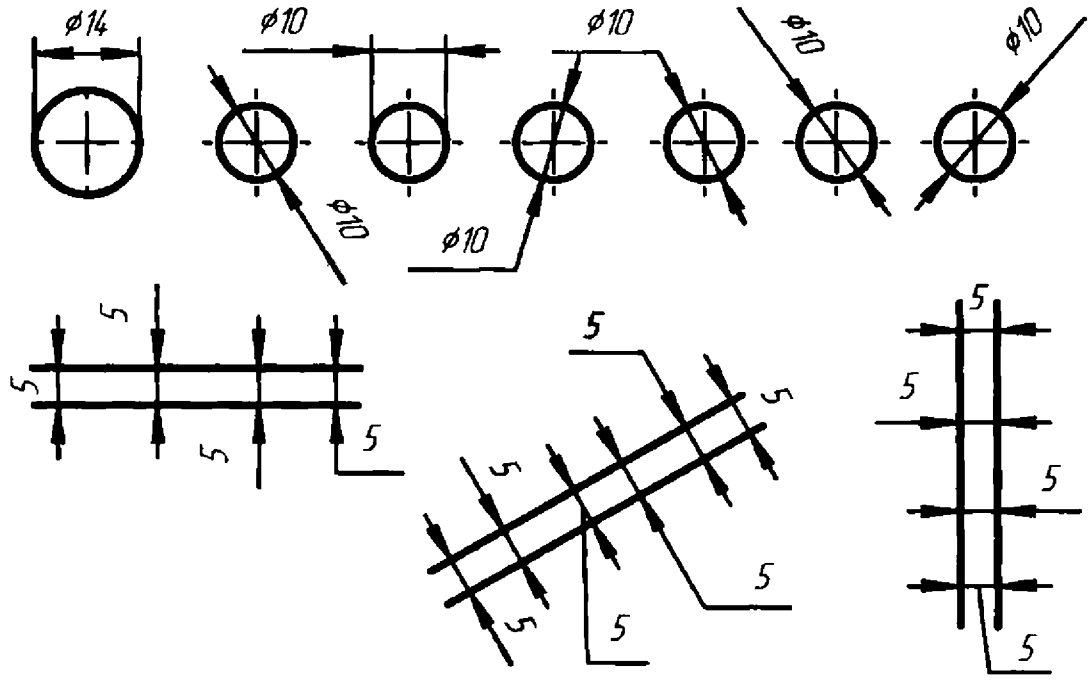


Рисунок 23

Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерной линии (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения. Размерные числа и предельные отклонения не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают (рисунок 16).

При нанесении размера ***радиуса*** перед размерным числом помещают прописную букву *R*. Размеры радиусов наносят, как показано на рисунке 24.

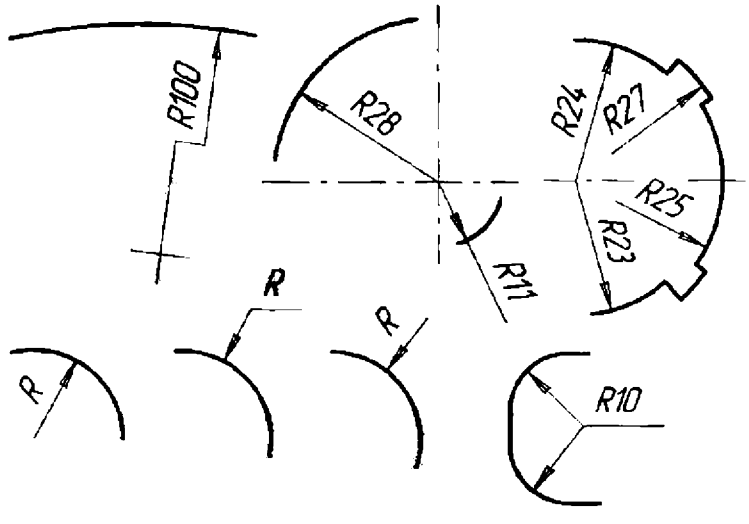


Рисунок 24

При указании размера ***диаметра*** (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак «∅».

Перед размерным числом диаметра (радиуса) сферы также наносят знак ∅(*R*) без надписи *«Сфера»*. Если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается наносить слово *«Сфера»* или знак *«О»*, например, *«Сфера ∅18»*, или *«О R12»*. Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже. Размеры квадрата наносят, как показано на рисунке 25. Высота знака «□» должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже.

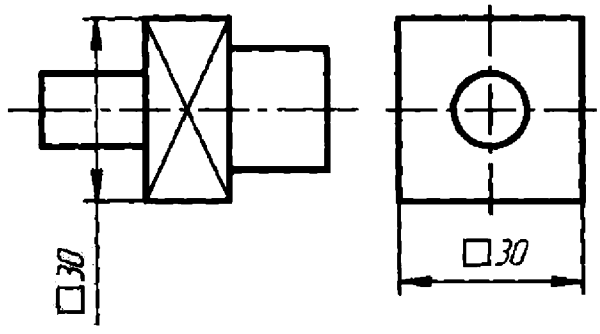


Рисунок 25

Перед размерным числом, характеризующим ***конусность***, наносят знак «◁», острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса. Знак конуса и конусность в виде соотношения следует наносить над осевой линией или на полке линии-выноски (рисунок 26).

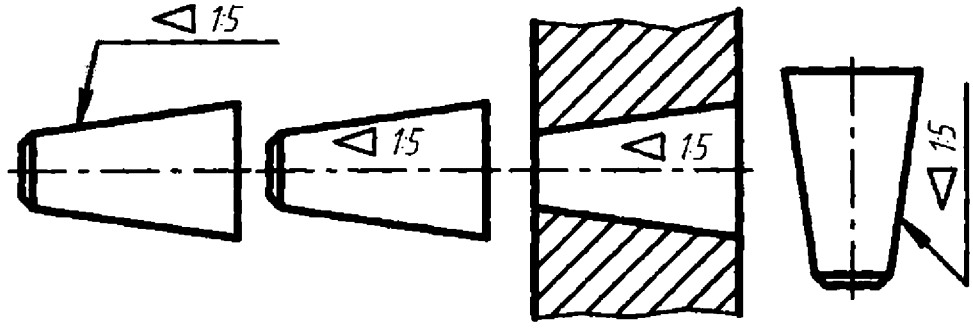


Рисунок 26

Уклон поверхности следует указывать непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения или процентах (рисунок 27). Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак «∠», острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.

Размеры ***фасок*** под углом 45° наносят, как показано на рисунке 28. Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам — линейным и угловым размерами или двумя линейными размерами.

При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров,

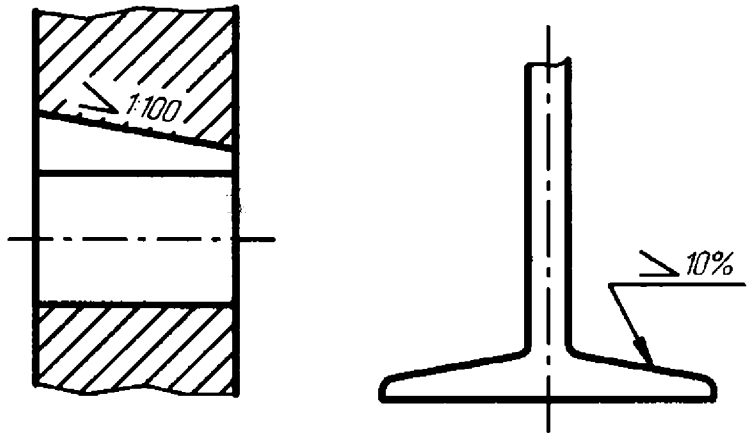


Рисунок 27

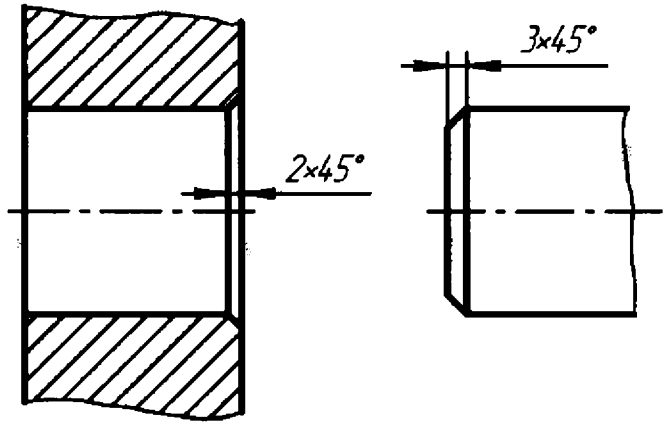


Рисунок 28

определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (рисунок 29).

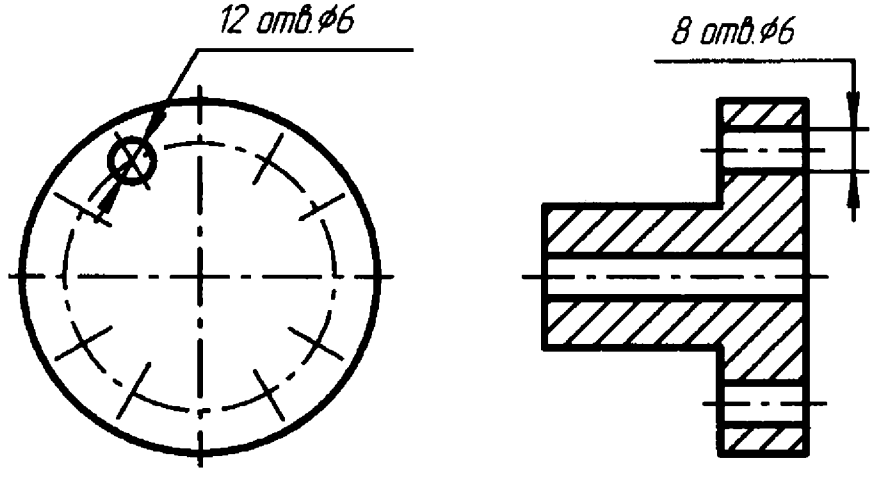


Рисунок 29

Количество одинаковых отверстий всегда указывают полностью, а их размеры — только один раз.

При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например, отверстия), рекомендуется вместо размерных цепей наносит размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в

виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (рисунок 30).

При большом количестве размеров, нанесенных от общей базы, допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на рисунке 31, при этом проводят общую размерную линию от отметки «0» и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов.

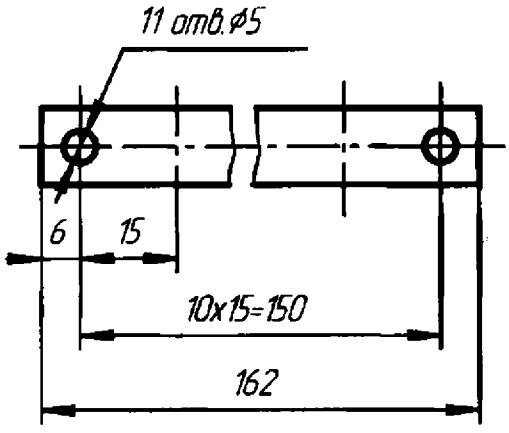


Рисунок 30

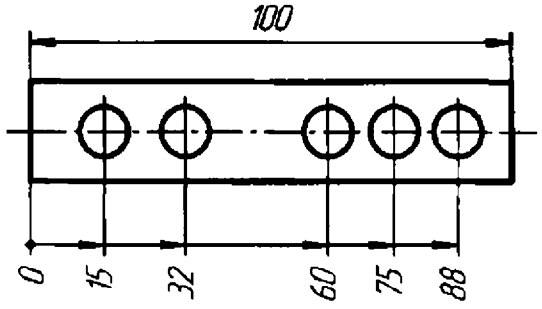


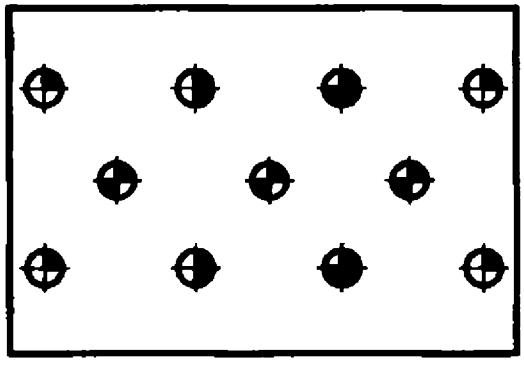
Рисунок 31

Если на чертеже показано несколько групп близких по размерам отверстий, то рекомендуется отмечать одинаковые отверстия одним из условных знаков, приведенных на рисунке 32.



Рисунок 32

Допускается применять и другие условные знаки. Отверстия изображают условными знаками на том изображении, на котором указаны размеры, определяющие положение этих отверстий. При обозначении одинаковых отверстий условными знаками количество отверстий и их размеры допускается указывать в таблице (рисунок 33).



Обозначение	Кол.	Размер
⊕	4	⌀5 H7
◐	2	⌀6 H7
●	2	⌀6.5 H7
◔	3	⌀7 H7

Рисунок 33

Предельные отклонения размеров следует указывать непосредственно после номинальных размеров. Предельные отклонения линейных и угловых размеров относительно низкой точности допускается не указы-

вать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа при условии, что эта запись однозначно определяет значения и знаки предельных отклонений. Общая запись о предельных отклонениях размеров с неуказанными допусками должна содержать условные обозначения предельных отклонений линейных размеров в соответствии с ГОСТ 25346—89 (для отклонений по квалитетам) или по ГОСТ 25670—83 (для отклонений по классам точности).

Симметричные предельные отклонения, назначаемые по квалитетам, следует обозначать $\pm\frac{IT}{2}$ с указанием номера квалитета, например, «*H14, h14,* $\pm\frac{IT14}{2}$». Если технические требования на чертеже состоят из одного пункта, содержащего запись о неуказанных предельных отклонениях размеров, или эта запись приводится в текстовых документах, то она должна обязательно сопровождаться поясняющими словами, например:

«Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14, $\pm\frac{IT14}{2}$».

Неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов не оговариваются отдельно, а должны соответствовать приведенным в ГОСТ 25670—83 в соответствии с квалитетом или классом точности неуказанных предельных отклонений линейных размеров.

Если все предельные отклонения линейных размеров указаны непосредственно после номинальных размеров (общая запись отсутствует), то неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов должны соответствовать приведенным в ГОСТ 25670—83 для квалитетов от 12 до 16 и на чертеже не оговариваются.

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными обозначениями полей допусков в соответствии с ГОСТ 25346—89, например: 18H7, 12e8 или числовыми значениями. Например: $18^{+0.0018}$, $12^{-0,032}_{-0,059}$, или условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках их числовых значений, например:

$18H7(^{+0,018})$, $12e8(^{-0,032}_{-0,059})$.

Предельные значения угловых размеров указывают только числовыми значениями, например: $60° \pm 5'$.

При записи предельных отклонений числовыми значениями верхние отклонения помещают над нижними. Предельные отклонения, равные нулю, не указывают, например:

$60^{+0,014}_{-0,032}$; $60^{-0,100}_{-0,174}$; $60^{+0,19}$; $60_{-0,19}$.

При симметричном расположении поля допуска абсолютную величину отклонений указывают один раз со знаком ±; при этом высота цифр, определяющих отклонения, должна быть равна высоте шрифта номинального размера, например: 60 ± 0,23.

Предельные отклонения, указываемые числовыми значениями, выраженными десятичной дробью, записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая количество знаков в верхнем и нижнем отклонении добавлением нулей, например:

$$10^{+0,15}_{-0,30};\ 10^{-0.080}_{-0,142}.$$

Предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в сборе, указывают в виде дроби, в числителе которой указывают условное обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала, например:

$$50\frac{H11}{h11};\ 50\frac{+0,16}{-0,32\ -0,48};\ 50\frac{H11(^{+0,16})}{h11(_{-0,16})}.$$

Размеры на чертеже детали наносятся конструктором не только из соображения о ее взаимодействии с другими деталями, но и с учетом процесса ее изготовления и удобства контроля этих размеров. Простановка размеров производится от определенных поверхностей детали, которые называются ***базами***. От баз в процессе обработки и контроля производится обмер детали. В машиностроении различают конструкторские и технологические базы.

Конструкторскими базами являются поверхности, по отношению к которым ориентируются другие детали изделия.

Технологические базы — поверхности, от которых в процессе обработки удобнее и легче производить измерение размеров.

В машиностроении в зависимости от выбора баз применяются три способа нанесения размеров элементов деталей: цепной, координатный и комбинированный.

1 ***Цепной способ*** (рисунок 34). Размеры отдельных элементов детали наносятся последовательно, как звенья одной цепи. Этот способ применяется редко.

2 ***Координатный способ*** (рисунок 35). Размеры являются координатами, характеризующими положение элементов детали относительно одной и той же поверхности детали.

3 ***Комбинированный способ*** (рисунок 36). Представляет собой сочетание координатного способа с цепным, т. е. при нанесении размеров на чертеже детали используются два способа: цепной и координатный. Комбинированный способ нанесения размеров предпочтителен, как обеспечивающий достаточную точность и удобство изготовления, измерения и контроля деталей без каких-либо дополнительных подсчетов размеров.

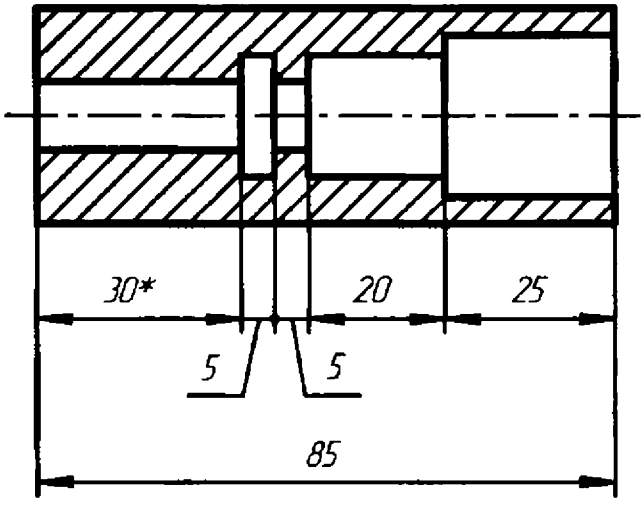


Рисунок 34

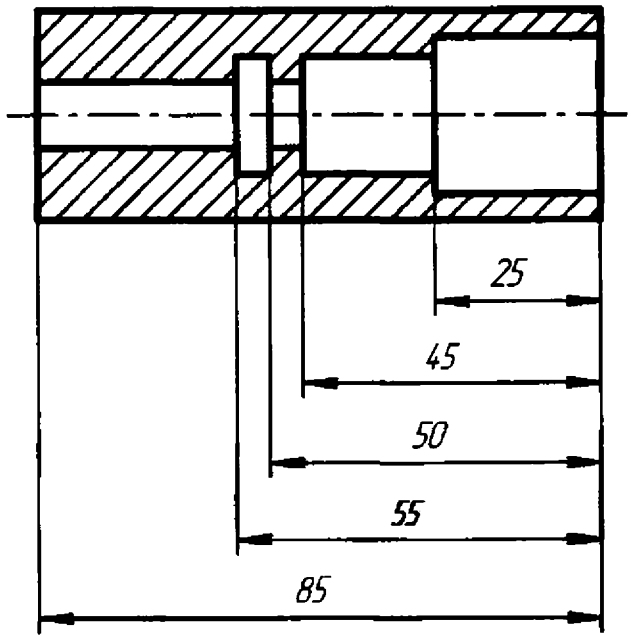


Рисунок 35

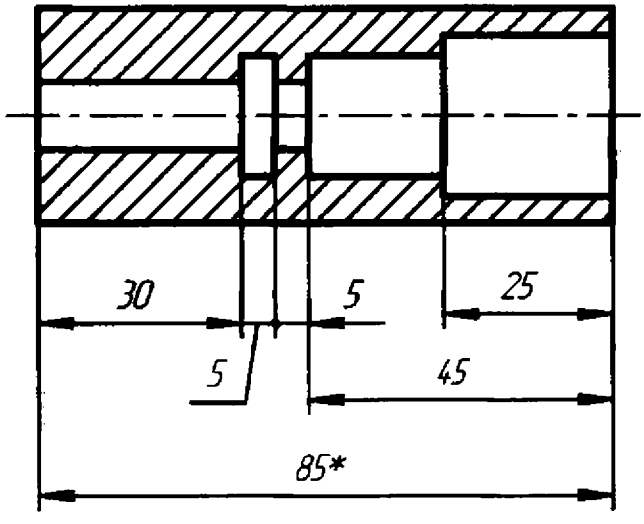


Рисунок 36

При конструировании деталей и простановке размеров следует учитывать, что размерные числа линейных и угловых размеров, а также размеры радиусов закруглений и фасок следует выбирать из соответствующих стандартизованных рядов чисел.

ГОСТ 6636—81 устанавливает ряды нормальных линейных размеров (диаметров, длин, высот и др.) в интервале 0,001—100 000 мм (таблица 9).

Остальные размеры, не вошедшие в таблицу, определяются путем умножения чисел таблицы на 10^n, где n — целое положительное или отрицательное число.

При выборе размеров предпочтение должно отдаваться рядам с более крупной градацией (ряд Ra 5 следует предпочитать ряду Ra 10; ряд Ra 10 — ряду Ra 20; ряд Ra 20 — ряду Ra 40).

ГОСТ 10948—64 устанавливает размеры радиусов закруглений и фасок для деталей (таблица 10).

Таблица 9 — Ряды нормальных линейных размеров

Ряды				Дополн. размеры	Ряды				Дополн. размеры
Ra 5	Ra 10	Ra 20	Ra 40		Ra 5	Ra 10	Ra 20	Ra 40	
1,0	1,0	1,0	1,0			3,2	3,2	3,2	3,3
			1,05					3,4	3,5
		1,1	1,1				3,6	3,6	3,7
			1,15					3,8	3,9
	1,2	1,2	1,2	1,25	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1
			1,3	1,35				4,2	4,4
		1,4	1,4	1,45			4,5	4,5	4,6
			1,5	1,55				4,8	4,9
1,6	1,6	1,6	1,6	1,65		5,0	5,0	5,0	5,2
			1,7	1,75				5,3	5,5
		1,8	1,8	1,85			5,6	5,6	5,8
			1,9	1,95				6,0	6,2
	2,0	2,0	2,0	2,05	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5
			2,1	2,15				6,7	7,0
		2,2	2,2	2,3			7,1	7,1	7,3
			2,4	—				7,5	7,8
2,5	2,5	2,5	2,5			8,0	8,0	8,0	8,2
			2,6	2,7				8,5	8,8
		2,8	2,8	2,9			9,0	9,0	9,2
			3,0	3,1				9,5	9,8

Таблица 10 — Размеры радиусов закруглений и фасок

Ряд 1	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100
Ряд 2	0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80; 100

ГОСТ 8908—81 устанавливает ряд нормальных угловых размеров и допусков углов конусов и призматических элементов деталей, применяемых в машиностроении (таблица 11).

Таблица 11 — Нормальные угловые размеры

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0°		0°	30°		30°
		15′			35°
	30′	30′		40°	40°
		45′	45°		45°
	1°	1°			50°
		1°30′			55°
	2°	2°	60°		60°
		2°30′			65°
	3°	3°			70°
	4°	4°		75°	75°
5°		5°			80°
	6°	6°			85°
	7°	7°	90°		90°
	8°	9°			100°
	10°	10°			110°
		12°	120°		120°
15°		15°			135°
		18°			150°
20°		20°			165°
		22°			180°
		25°			270°

При выборе углов ряд 1 следует предпочитать ряду 2, ряд 2 — ряду 3.

Вопросы для самопроверки

1. В каких единицах указывают линейные и угловые размеры изделий на чертежах?
2. Должна ли выносная линия выступать за размерную?

1.8 Сопряжение линий

В чертежной практике ***сопряжением*** называют плавный переход одной линии (прямой или кривой) в другую — кривую или прямую. Общую точку, в которой осуществляется плавный переход, называют ***точкой сопряжения***. Переход будет плавным, если обе сопрягающиеся линии в точке сопряжения имеют общую касательную.

Роль плавных переходов в очертаниях различных изделий техники огромна. Их обуславливают требования прочности, гидроаэродинамики, промышленной эстетики и технологии.

Простейшие сопряжения, особо широко используемые в технике, — плавные переходы прямой линии в прямую линию, прямой линии в дугу окружности и дуги одной окружности в дугу другой.

Для решения этих задач необходимо:

- уметь строить касательную в данной точке окружности (рисунок 37);
- проводить из внешней точки прямую, касательную к окружности (рисунок 38);
- помнить, что центры окружностей, соприкасающихся внешним образом, находятся на расстоянии суммы их радиусов (рисунок 39), а внутренним — на расстоянии разности их радиусов (рисунок 40), причем точка касания (сопряжения) всегда лежит на прямой, проходящей через их центры;

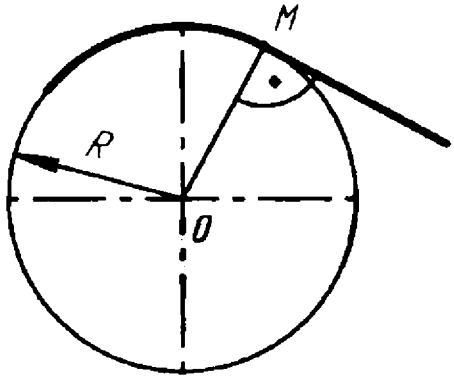


Рисунок 37

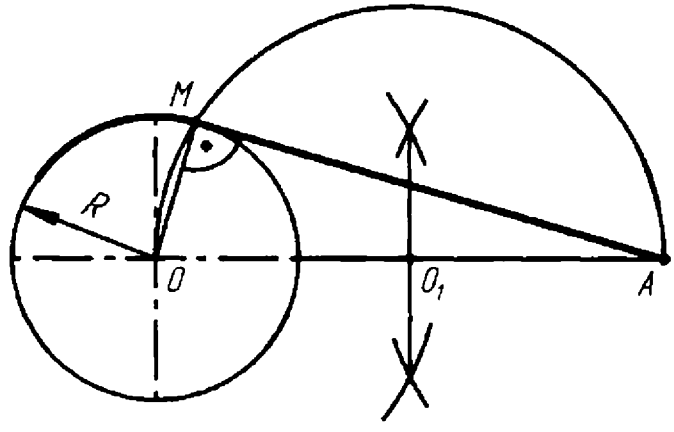


Рисунок 38

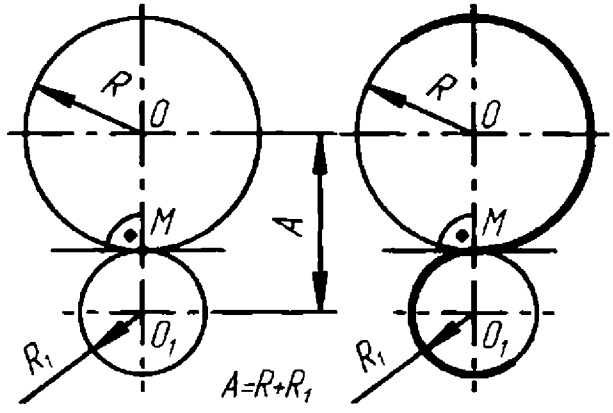


Рисунок 39

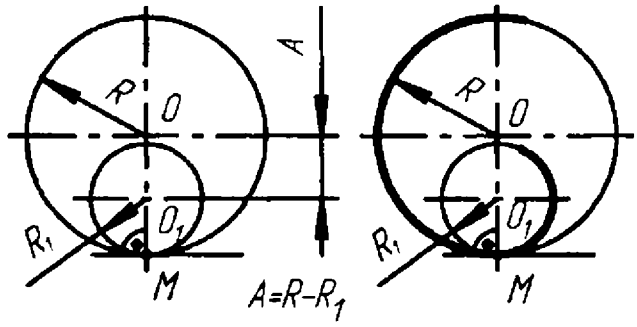


Рисунок 40

— знать, что для сопряжения прямой линии и дуги необходимо, чтобы центр окружности, которой принадлежит дуга, лежал на перпендикуляре к прямой, восставленном из точки сопряжения (рисунок 37);
— знать, что для сопряжения двух дуг необходимо, чтобы центры окружностей, которым принадлежат дуги, лежали на прямой, проходящей через точку сопряжения (рисунки 39 и 40).

Изложенное позволяет легко уяснить последовательность решений задач на сопряжения.

На рисунке 41 приведены примеры построения сопряжений дугой заданного радиуса *R* двух прямых, образующих острый (рисунок 41, *а*), тупой (рисунок 41, *б*) и прямой (рисунок 41, *в*) углы.

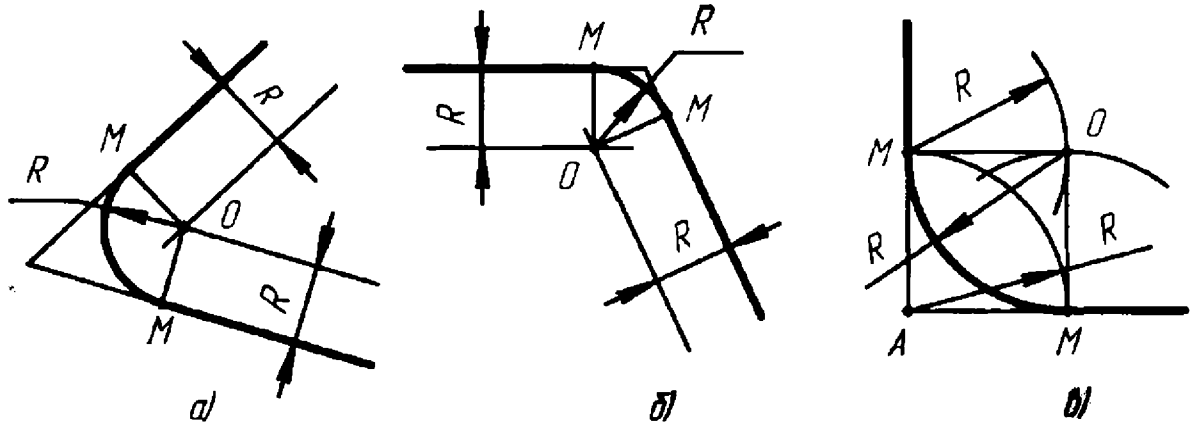


Рисунок 41

Точки *M* — точки сопряжения.

Центр сопряжения *O* определяется как точка пересечения вспомогательных прямых, параллельных сопрягаемым прямым и проведенным на расстоянии *R* от них. Перпендикуляры, опущенные из центра *O* на сопрягаемые прямые, определяют точки сопряжения (касания) *M*. При построении сопряжения сторон прямого угла (рисунок 41, *в*) центр дуги сопряжения проще находить с помощью циркуля. Из вершины угла *A* проводят дугу радиусом *R*, равным радиусу сопряжения. На сторонах угла получают точки сопряжения *M*. 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.

На рисунке 42 показано сопряжение дуги окружности радиусом R_1 и прямой линии a дугой окружности радиуса R с внешним касанием.

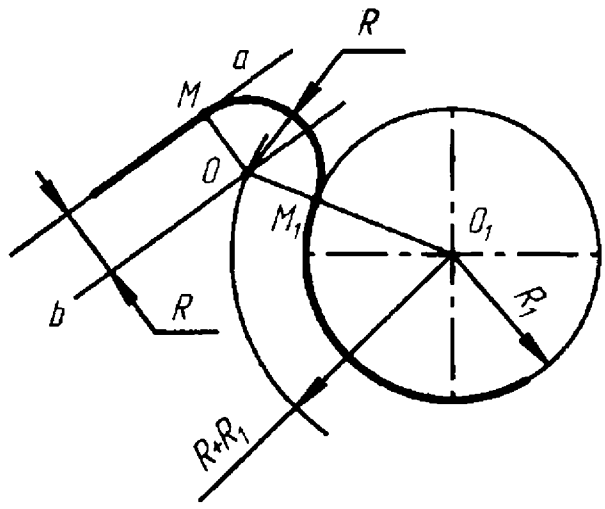


Рисунок 42

Параллельно заданной прямой на расстоянии, равном радиусу R (радиус сопрягаемой дуги), проводят прямую b. Из центра O_1 проводят дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов R и R_1, до пересечения ее с прямой b в точке O. Точка O является центром дуги сопряжения.

Точку сопряжения M_1 находят на пересечении прямой OO_1 с дугой окружности радиуса R_1. Точка сопряжения M является основанием перпендикуляра, опущенного из центра O на данную прямую a.

На рисунке 43 показан пример, при вычерчивании которого необходимо построение внутреннего и внешнего сопряжения. При ***внутреннем*** сопряжении (рисунок 43, *а*) центры O_2 и O_1 сопрягаемых дуг находятся внутри сопрягающей дуги радиуса R. При ***внешнем*** сопряжении

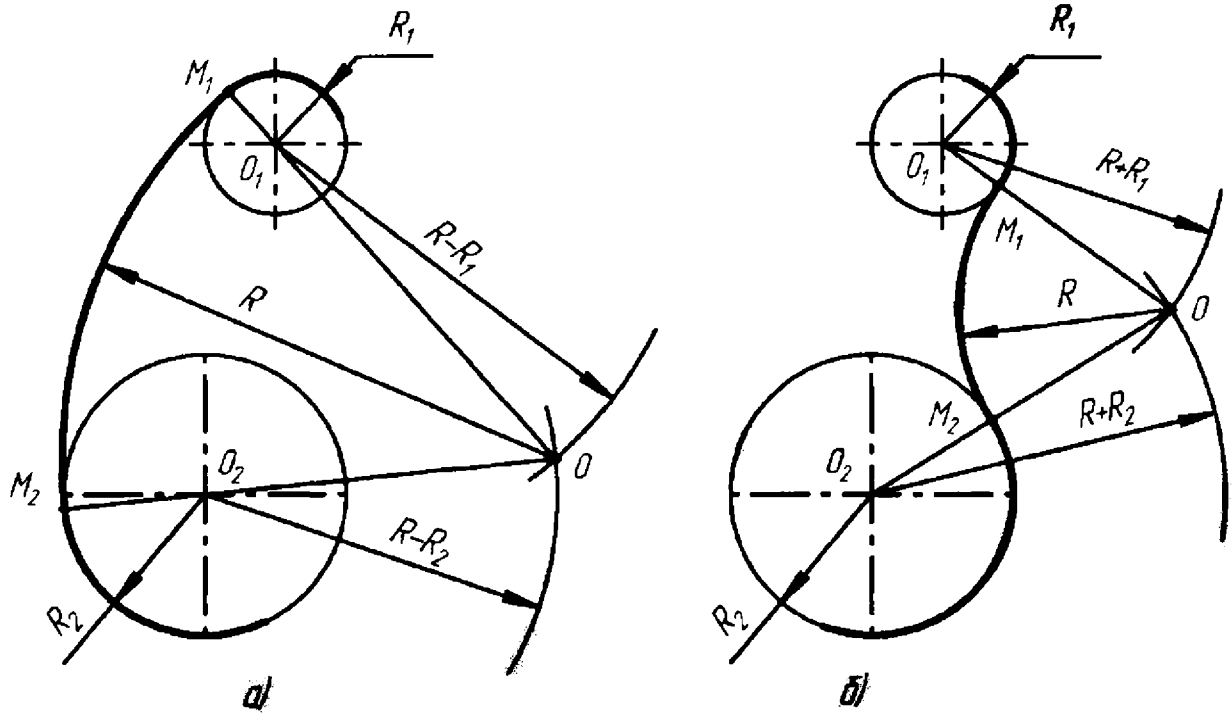


Рисунок 43

(рисунок 43, *б*) центры O_2 и O_1 сопрягаемых дуг радиусов R_1 и R_2 находятся вне сопрягающей дуги радиуса R.

Для построения *внутреннего* сопряжения должны быть заданы радиусы сопрягаемых окружностей R_1 и R_2, положение точек центров O_1 и O_2 этих окружностей, радиус R сопрягающей дуги.

Требуется определить положение центра O сопрягающей дуги, и найти точки сопряжения M_1 и M_2.

На чертеже намечают центры O_2 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_1, а из центра O_2 — радиусом, равным разности радиусов сопрягающей дуги R и сопрягаемой R_2. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O, которая и будет искомым центром сопрягающей дуги. Для нахождения точек сопряжения точку O соединяют с точками O_2 и O_1 прямыми линиями. Точки пересечения продолжения прямых O_2O и OO_1 с сопрягаемыми дугами являются искомыми точками сопряжения (точки M_2 и M_1). Радиусом R из центра O проводят сопрягающую дугу между точками сопряжения M_2 и M_1.

Для построения *внешнего* сопряжения с теми же исходными данными из центра O_1 проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_1 и сопрягающей R, а из центра O_2 — радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_2 и сопрягающей R. Вспомогательные дуги пересекутся в точке O, которая будет искомым центром сопрягающей дуги. Для нахождения точек сопряжения центры дуг соединяют прямыми линиями OO_2 и O_1O. Эти две прямые пересекают сопрягаемые дуги в точках сопряжения M_2 и M_1. Из центра O радиусом R проводят сопрягающую дугу, ограничивая ее точками сопряжения M_2 и M_1.

Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте понятие «сопряжение».
2. Как определяются точки сопряжения?
3. На чем основан общий прием нахождения центра сопрягающей дуги?

1.9 Деление окружности на равные части

Некоторые детали машин и приборов имеют элементы, равномерно расположенные по окружности. При выполнении чертежей подобных деталей необходимо знать правила деления окружности на равное количество частей.

Разделить окружность на три, четыре, шесть, восемь, двенадцать равных частей возможно с помощью чертежных инструментов — угольников и циркуля.

С достаточной точностью можно делить окружность на любое число равных частей, пользуясь таблицей коэффициентов для подсчета длины хорды (таблица 12).

Таблица 12 — Таблица коэффициентов

Число делений окружности n	Коэффициент k	Число делений окружности n	Коэффициент k
3	0,866	12	0,259
4	0,707	13	0,239
5	0,587	14	0,223
6	0,5	15	0,208
7	0,434	16	0,195
8	0,383	17	0,184
9	0,342	18	0,174
10	0,309	19	0,165
11	0,282	20	0,156

Зная, на какое число (n) следует разделить окружность, находят по таблице коэффициент k. При умножении коэффициента k на диаметр окружности D получают длину хорды l, которую циркулем откладывают на окружности n раз.

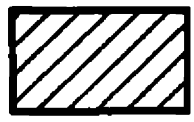
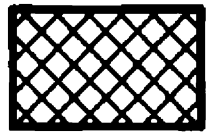
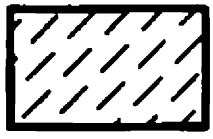
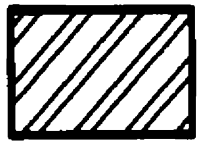
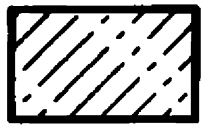
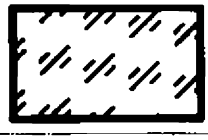
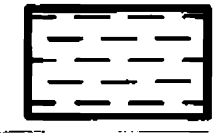
Например, чтобы разделить на 16 равных частей окружность диаметром 150 мм, находят по таблице 12 коэффициент $k = 0,195$, соответствующий числу делений окружности 16. Длина хорды (сторона шестнадцатиугольника, вписанного в окружность) будет равна $150 \times 0,195 = 29,25$ (мм). Подсчитав длину хорды, откладываем ее циркулем на окружности 16 раз.

Деление отрезка прямой линии на равные части и в заданном отношении рассмотрено в главе 2.11.

1.10 Графическое обозначение материалов в сечениях

В машиностроении используют детали, изготовленные из различного материала. Для придания наглядности и выразительности чертежей введены условные графические обозначения материалов. ГОСТ 2.306—68 устанавливает графические обозначения материалов в сечениях и на фасадах, а также правила нанесения их на чертежи всех отраслей промышленности и строительства. Графические обозначения материалов в сечениях в зависимости от вида материалов должны соответствовать приведенным в таблице 13.

Таблица 13 — Графические обозначения материалов в сечениях

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллические материалы, за исключением указанных ниже	
Древесина	
Камень естественный	
Керамика и силикатные материалы для кладки	
Бетон	
Стекло и другие светопрозрачные материалы	
Жидкости	

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° к линии контура изображения, к его оси или к линии рамки чертежа (рисунок 44).

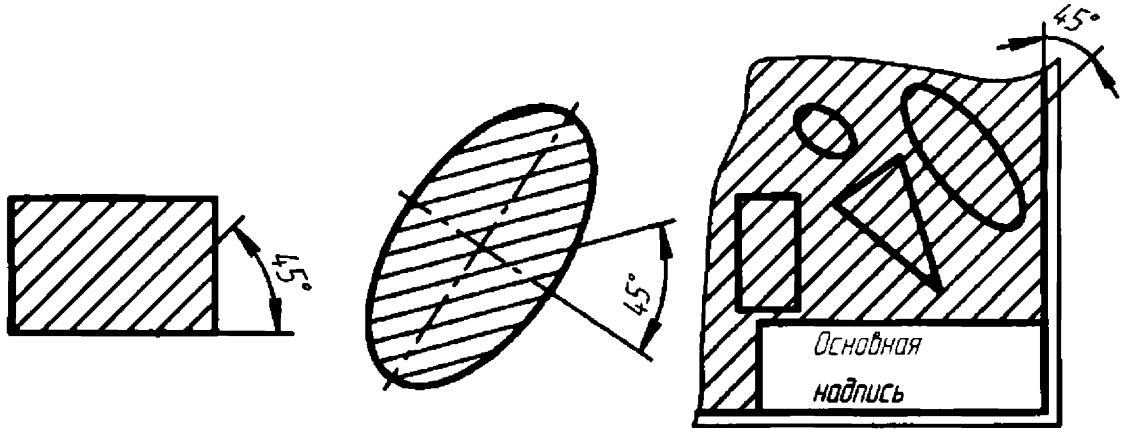


Рисунок 44

Если линии штриховки, проведенные к линии рамки чертежа под углом 45°, совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30° или 60° (рисунок 45).

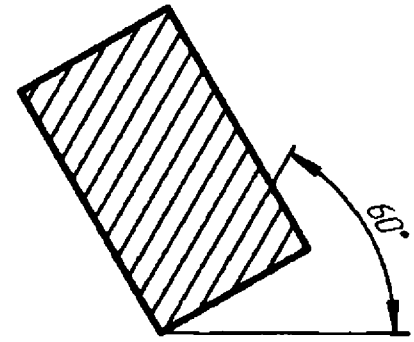


Рисунок 45

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но, как правило, в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов, на которых эти сечения расположены.

Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали и выбирается в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений. Указанное расстояние должно быть от 1 до 10 мм. Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм (рисунок 46).

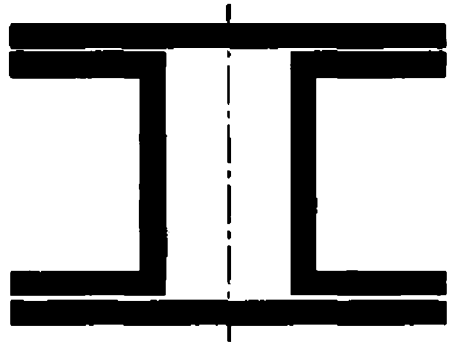


Рисунок 46

Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого — влево (встречная штриховка). При штриховке «в клетку» для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным. В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона следует изменять расстояние между линиями штриховки (рисунок 47).

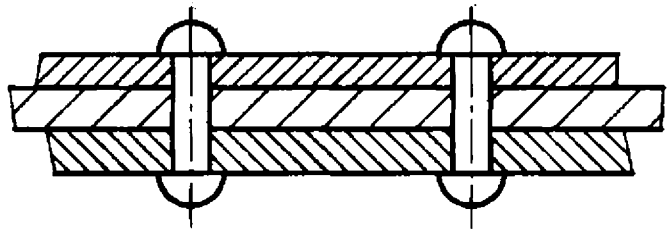


Рисунок 47

Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных, вальцованных и других подобных деталей), ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и

у контуров отверстий, а остальную площадь сечения — небольшими участками в нескольких местах. В этих случаях линии штриховки стекла следует наносить с наклоном 15—20° к линии большей стороны контура сечения (рисунок 48).

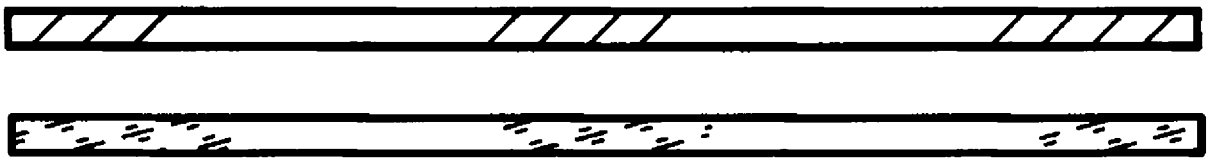


Рисунок 48

При больших площадях сечений допускается наносить обозначение лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины (рисунок 49).

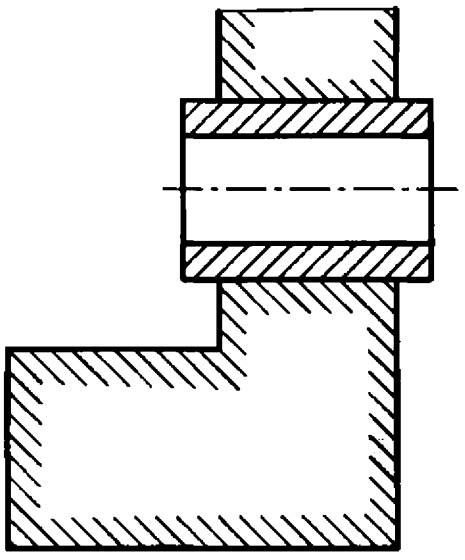


Рисунок 49

1.11 Построение уклона и конусности

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 (рисунок 50, *а*), т. е.

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

Для построения прямой BC (рисунок 50, *а*) 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, равный одной единице длины. Точки C и B соединяют прямой, которая дает направление искомого уклона.

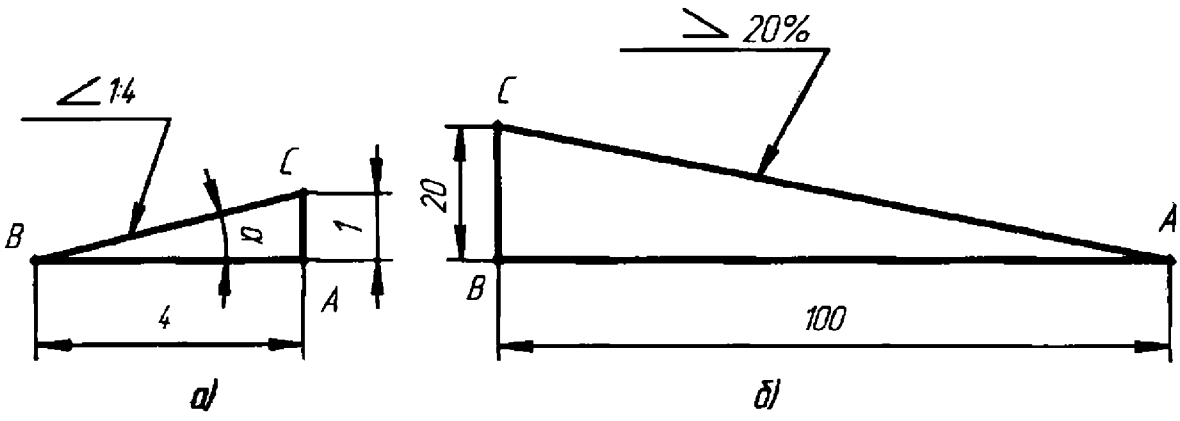


Рисунок 50

Уклоны применяются при вычерчивании деталей, например, стальных балок и рельсов, изготовляемых на прокатных станах, и некоторых деталей, изготовленных литьем.

При вычерчивании контура детали с уклоном сначала строится линия уклона, а затем контур.

Если уклон задается в процентах, например, 20 % (рисунок 50, *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 в сторону уклона (рисунок 50, *а* и *б*). Подробнее обозначение уклона приведено в разделе 1.7 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

Конусностью называется отношение диаметра основания конуса к его высоте (рисунок 51, *а*). Обозначается конусность буквой *C*. Если конус усеченный (рисунок 51, *б*) с диаметрами оснований *D* и *d* и длиной *L*, то конусность определяется по формуле:

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

Например (рисунок 51, *б*), если известны размеры $D = 30$ мм, $d = 20$ мм и $L = 70$ мм, то

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

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 (рисунок 51, *б*).

По ГОСТ 2.307—68 перед размерным числом, характеризующим конусность, необходимо наносить условный знак конусности, который имеет вид равнобедренного треугольника с вершиной, направленной в

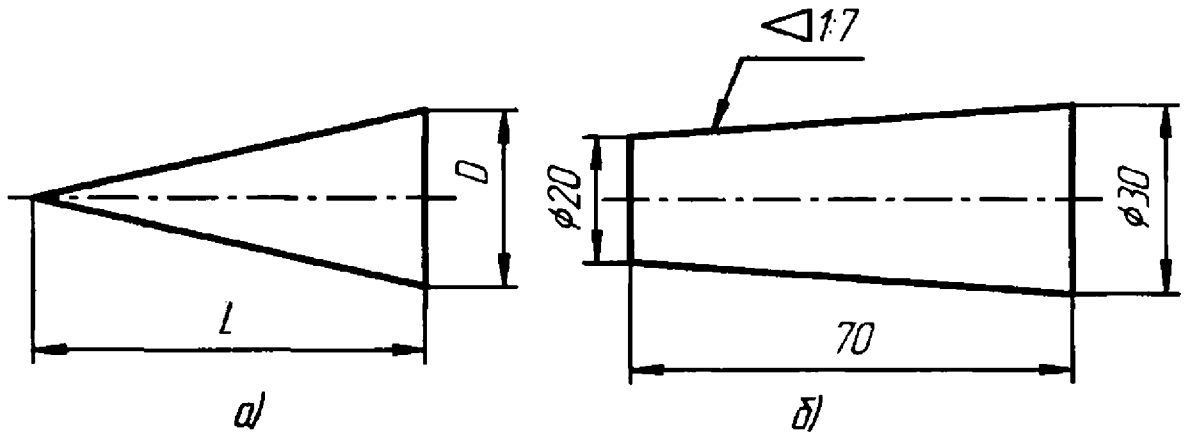


Рисунок 51

сторону вершины конуса (рисунок 51, *б*). Подробнее обозначение конусности приведено в разделе 1.7 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

Вопросы для самопроверки

1. Что называется уклоном?
2. Что называется конусностью?
3. Как обозначается на чертеже конусность и уклон?
4. Как определяется конусность и уклон?

Раздел 2
НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Правила построения изображений, излагаемые в начертательной геометрии, основаны на ***методе проекций***.

Изображение на плоскости предмета, расположенного в пространстве, полученное при помощи прямых линий — лучей, проведенных через каждую характерную точку предмета до пересечения этих лучей с плоскостью, называется ***проекцией*** этого предмета на данную плоскость.

Рассмотрение метода проекций начинают с построения проекций ***точки***, так как при построении изображения любой пространственной формы рассматривается ряд точек, принадлежащих этой форме.

Точки пересечения лучей с плоскостью называются ***проекциями точек*** предмета, а плоскость, на которую проецируются точки, ***плоскостью проекций***.

В дальнейшем изложении в смысле «построить проекции» будет применяться слово «проецировать».

2.1 Принятые обозначения

1 Точки в пространстве — прописными буквами латинского алфавита A, B, C, ..., а также цифрами.

2 Последовательность точек (и других элементов) — подстрочными индексами: A_1, A_2, A_3, ...

3 Линии в пространстве — по точкам, определяющим линию, и строчными буквами латинского алфавита a, b, c, ...

4 Углы — строчными буквами греческого алфавита μ, ρ, σ, φ и ω.

5 Плоскости — строчными буквами греческого алфавита α, β, γ, δ и ε.

6 Поверхности — римскими цифрами, а также прописными буквами русского алфавита: цилиндр — $Ц$, конус — $К$, сфера — $Сф$, ...

7 Плоскости проекций — строчной буквой греческого алфавита π. Произвольная плоскость — π_0, горизонтальная — π_1, фронтальная — π_2, профильная (или дополнительная) — π_3, любая дополнительная — π_4, π_5, ...

8 Оси проекций — строчными буквами x, y, z или (при введении дополнительных плоскостей) π_2/π_1, π_2/π_3, π_2/π_5 ... Начало координат — прописной буквой O.

9 Проекции точек:

на произвольную плоскость π_0 — A^0, B^0, C^0, ...;

на горизонтальную плоскость π_1 — A', B', C', ...;

на фронтальную плоскость π_2 — A'', B'', C'', ...;

на профильную плоскость π_3 — A''', B''', C''', ...;

на дополнительную плоскость π_4 — A^{IV}, B^{IV}, C^{IV}, ...

10 Проекции линий — по проекциям точек, определяющих линию; кроме того:

горизонтальная линия — буквой h;

фронтальная линия — буквой f;

профильная линия — буквой p.

11 Обозначение плоскостей, заданных следами:

горизонтальный след плоскости α — $h'_{0\alpha}$;

фронтальный след плоскости α — $f''_{0\alpha}$;

профильный след плоскости α — $p'''_{0\alpha}$.

В тех случаях, когда плоскость не требует наименования, обозначение следов упрощено — h'_0, f''_0, p'''_0.

12 При преобразовании эпюра (чертежа) вращением (или совмещением) в новом положении точки — $\bar{A}$, $\bar{B}$, $\bar{C}$, ..., плоскости — $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$.

2.2 Образование проекций. Проекции центральные

Если все лучи, называемые ***проецирующими прямыми***, проводятся из одной точки (центра), то полученное на плоскости проекций изображение предмета называется его ***центральной проекцией***.

Для получения центральных проекций надо задаться плоскостью проекций и центром проекций — точкой, не лежащей в этой плоскости (рисунок 52: плоскость π_0 и точка S). Взяв некоторую точку A и проведя через S и A прямую линию до пересечения ее с плоскостью π_0, получаем точку A^0. Так же поступаем, например, с точками B и C. Точки A^0, B^0, C^0 являются *центральными проекциями* точек A, B, C на плоскость π_0: они получаются в пересечении *проецирующих прямых* (или, иначе, проецирующих лучей) SA, SB, SC с плоскостью проекций.

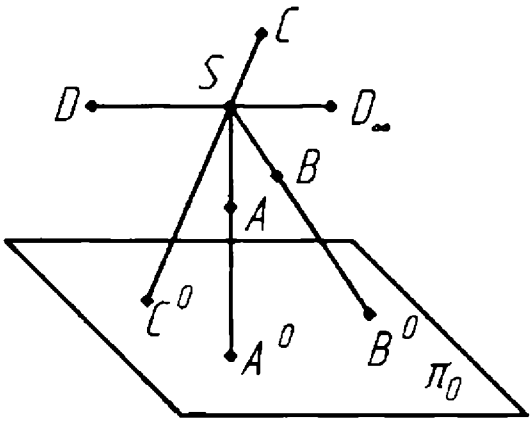


Рисунок 52

Если для некоторой точки D (рисунок 52) проецирующая прямая окажется параллельной плоскости проекций, то принято считать, что они пересека-

ются, но в бесконечно удаленной точке: точка D также имеет свою проекцию, но бесконечно удаленную (D_∞).

Итак, при заданных плоскости проекций и центре проекций (рисунок 52) можно построить проекцию точки; но, имея проекцию (например, A^0), нельзя по ней определить положение самой точки A в пространстве, так как любая точка проецирующей прямой SA проецируется в одну и ту же точку; для единственного решения, очевидно, необходимы дополнительные условия.

Проекцию линии можно построить, проецируя ряд ее точек (рисунок 53). При этом проецирующие прямые в своей совокупности образуют коническую поверхность или могут оказаться в одной плоскости (например, при проецировании прямой линии, не проходящей через центр проекций, или ломаной и кривой, все точки которых лежат в плоскости, совпадающей с проецирующей).

Очевидно, проекция линии получается в пересечении проецирующей поверхности с плоскостью проекций (рисунок 53). Но, как показывает рисунок 54, проекция линии не определяет проецируемую линию, так как на проецирующей поверхности можно разместить ряд линий, проецирующихся в одну и ту же линию на плоскости проекций.

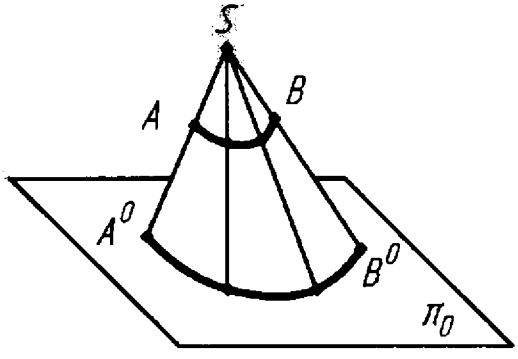


Рисунок 53

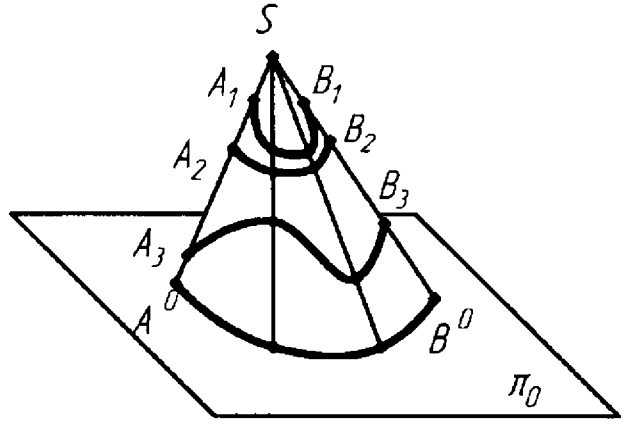


Рисунок 54

От проецирования точки и линии можно перейти к проецированию поверхности и тела.

2.3 Проекции параллельные

Рассмотрим теперь способ проецирования, называемый ***параллельным***. Условимся считать все проецирующие прямые параллельными. Для их проведения должно быть указано некоторое направление (см. стрелку на рисунке 55). Так построенные проекции называются ***параллельными***.

Параллельное проецирование можно рассматривать как частный случай центрального, если принять, что центр проекций бесконечно удален.

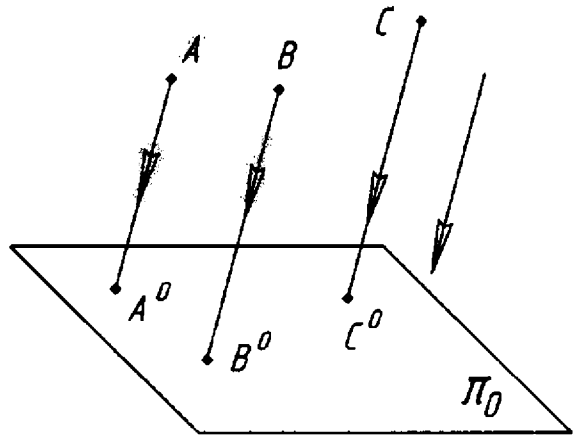


Рисунок 55

Следовательно, ***параллельной проекцией точки*** будем называть точку пересечения проецирующей прямой, проведенной параллельно заданному направлению, с плоскостью проекций.

Чтобы получить параллельную проекцию некоторой линии, можно построить проекции ряда ее точек и провести через эти проекции линию (рисунок 56).

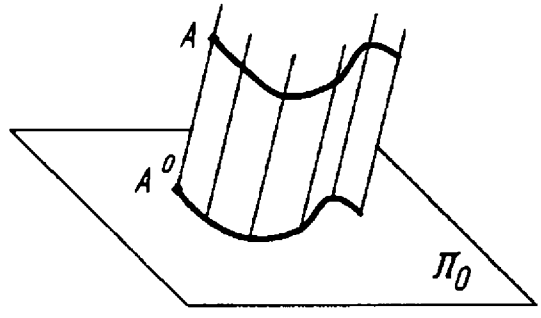


Рисунок 56

При этом проецирующие прямые в своей совокупности образуют цилиндрическую поверхность; поэтому параллельные проекции также называют ***цилиндрическими***.

В параллельных проекциях так же, как и в центральных:

- для прямой линии проецирующей поверхностью в общем случае служит плоскость, и поэтому прямая линия вообще проецируется в виде прямой;
- каждая точка и линия в пространстве имеют единственную свою проекцию;
- каждая точка на плоскости проекций может быть проекцией множества точек, если через них проходит общая для них проецирующая прямая;
- каждая линия на плоскости проекции может быть проекцией множества линий, если они расположены в общей для них проецирующей плоскости (рисунок 57); для единственного решения необходимы дополнительные условия;
- для построения проекции прямой достаточно спроецировать две ее точки и через полученные проекции этих точек провести прямую линию;

– если точка принадлежит прямой, то проекция точки принадлежит проекции этой прямой (рисунок 58).

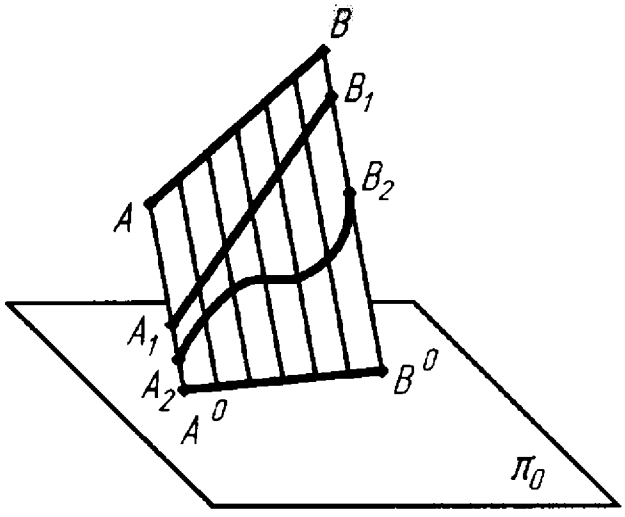


Рисунок 57

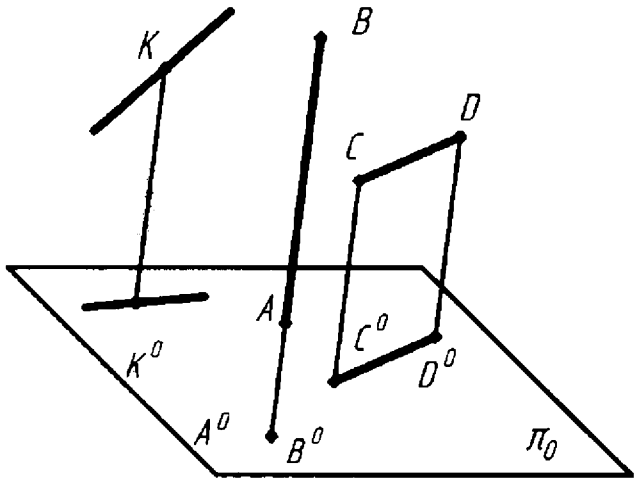


Рисунок 58

Кроме перечисленных свойств для параллельных проекций можно указать еще следующие:

– если прямая параллельна направлению проецирования, то проекцией прямой является точка (рисунок 58);
– отрезок прямой линии, параллельной плоскости проекций, проецируется на эту плоскость в натуральную свою величину (рисунок 58).

Применяя приемы параллельного проецирования точки и линии, можно строить параллельные проекции поверхности и тела.

Параллельные проекции делятся на ***косоугольные и прямоугольные.*** В первом случае направление проецирования составляет с плоскостью проекций угол, не равный 90°; во втором случае проецирующие прямые перпендикулярны к плоскости проекций.

При рассмотрении параллельных проекций следовало бы представить себя удаленным на бесконечно большое расстояние от изображения. На самом же деле предметы и их изображения рассматриваются с конечного расстояния; при этом лучи, идущие в глаз зрителя, образуют поверхность коническую, а не цилиндрическую. Следовательно, более естественное изображение получается (при соблюдении определенных условий) центральным проецированием, а не параллельным. Поэтому, когда требуется, чтобы изображение давало такое же зрительное впечатление, как и самый предмет, применяют перспективные проекции, в основе которых лежит центральное проецирование.

Но сравнительно большая простота построения и свойства параллельных проекций, обеспечивающие сохранение натуральных размерных соотношений, объясняют широкое применение параллельного проецирования, несмотря на условность, указанную выше.

2.4 Метод Монжа

Сведения и приемы построений, обусловливаемые потребностью в плоских изображениях пространственных форм, накапливались постепенно еще с древних времен. В течение продолжительного периода плоские изображения выполнялись преимущественно как изображения наглядные. С развитием техники первостепенное значение приобрел вопрос о применении метода, обеспечивающего точность и удобоизмеримость изображений, т. е. возможность точно установить место каждой точки изображения относительно других точек или плоскостей и путем простых приемов определить размеры отрезков линий и фигур. Постепенно накопившиеся отдельные правила и приемы построений таких изображений были приведены в систему и развиты в труде французского ученого Монжа, изданном в 1799 г.

Изложенный Монжем метод — ***метод параллельного проецирования на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций*** обеспечивает выразительность, точность и удобоизмеримость изображений предметов на плоскости, был и остается основным методом составления технических чертежей (рисунок 59).

Слово ***прямоугольный*** часто заменяют словом ***ортогональный***, образованным из слов древнегреческого языка, обозначающих «прямой» и «угол». В дальнейшем изложении термин ***ортогональные проекции*** будет применяться для обозначения системы прямоугольных проекций на взаимно перпендикулярных плоскостях.

На рисунке 59 изображены две взаимно перпендикулярные плоскости. Примем их за плоскости проекций. Одна из них, обозначенная буквой π_1, расположена горизонтально; другая, обозначенная буквой π_2, — вертикально. Эту плоскость называют ***фронтальной плоскостью проекций***, плоскость π_1 называют ***горизонтальной плоскостью проекций***. Плоскости проекций π_1 и π_2 образуют систему π_1, π_2.

Линия пересечения плоскостей проекций называется ***осью проекций***. Ось проекций разделяет каждую из плоскостей π_1 и π_2 на полуплоскости. Для этой оси будем применять обозначение x или обозначение в виде дроби π_2/π_1.

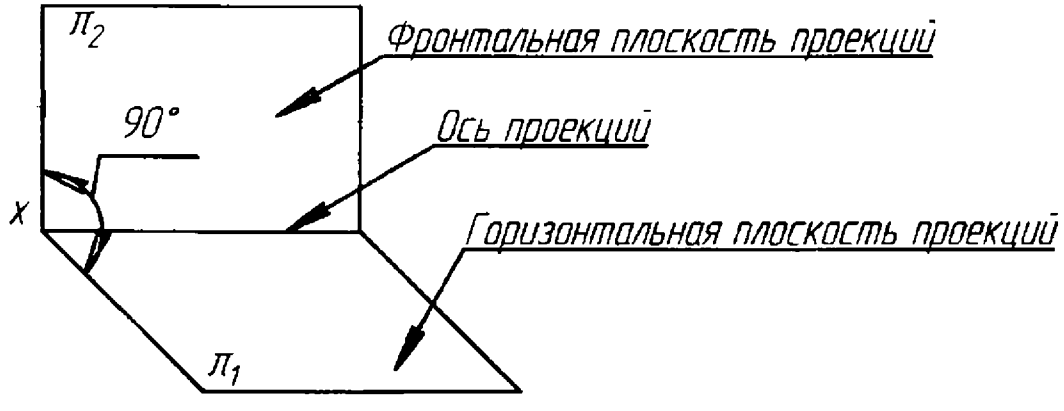


Рисунок 59

Вопросы для самопроверки

1. Как строится центральная проекция точки?
2. В каком случае центральная проекция прямой линии представляет собой точку?
3. В чем заключается способ проецирования, называемый параллельным?
4. Как строится параллельная проекция прямой линии?
5. Может ли параллельная проекция прямой линии представлять собой точку?
6. В каком случае в параллельной проекции отрезок прямой линии проецируется в свою натуральную величину?
7. Как расшифровывается слово «ортогональный»?

2.5 Проецирование точки. Точка в системе двух плоскостей проекций

На рисунке 60 показано построение проекций некоторой точки A в системе π_1, π_2. Проведя из A перпендикуляры к π_1 и π_2, получаем проекции точки A: ***горизонтальную***, обозначенную A', и ***фронтальную***, обозначенную A''.

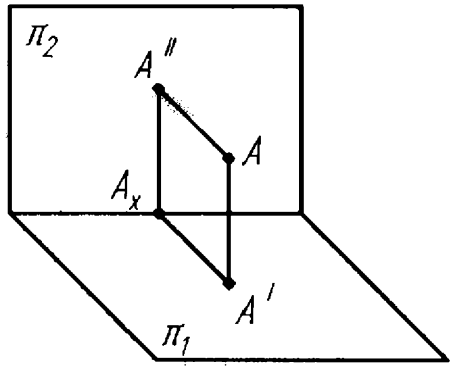


Рисунок 60

Проецирующие прямые, соответственно перпендикулярные к π_1 и π_2, определяют плоскость, перпендикулярную к плоскостям и к оси проекций. Эта плоскость в пересечении с π_1 и π_2 образует две взаимно перпендикулярные прямые $A'A_x$ и $A''A_x$ пересекающиеся в точке A_x на оси проекций. Следовательно, проекции некоторой точки получаются расположенными на прямых, перпендикулярных к оси проекций и пересекающих эту ось в одной и той же точке.

Если даны проекции A' и A'' некоторой точки A (рисунок 60), то, проведя перпендикуляры — через A' к плоскости π_1 и через A'' к плоскости π_2, — получим в пересечении этих перпендикуляров определенную точку. Итак, ***две проекции точки вполне определяют ее положение в пространстве относительно данной системы плоскостей проекций.***

Повернув плоскость π_1 вокруг оси проекций на угол 90° (как это показано на рисунке 61), получим одну плоскость — плоскость чертежа; проекции A'' и A' расположатся на одном перпендикуляре к оси проекций (рисунок 62) — на ***линии связи***. В результате указанного совмеще-

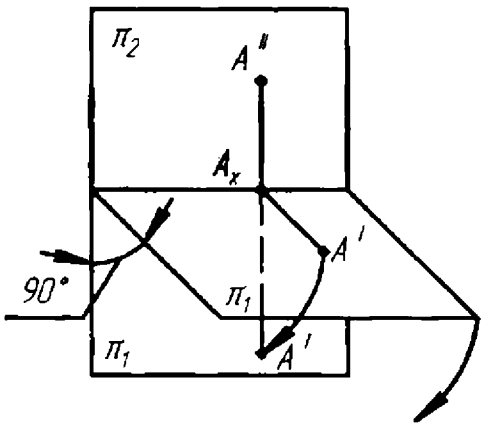


Рисунок 61

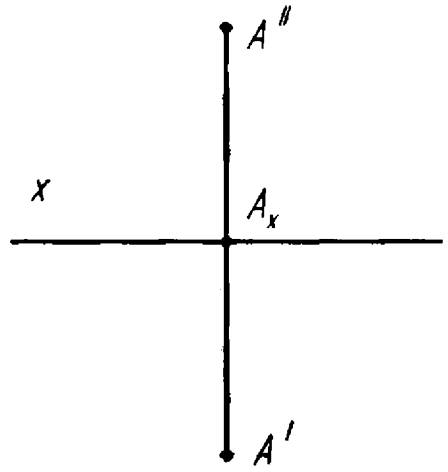


Рисунок 62

ния плоскостей π_1 и π_2 получается чертеж, известный под названием ***эпюр*** (*эпюр Монжа*). Это чертеж в системе π_1, π_2 (или в системе двух прямоугольных проекций).

Перейдя к эпюру, мы утратили пространственную картину расположения плоскостей проекций и точки. Но, как увидим дальше, эпюр обеспечивает точность и удобоизмеримость изображений при значительной простоте построений. Чтобы представить по нему пространственную картину, требуется работа воображения: например, по рисунку 62 надо представить картину, изображенную на рисунке 60.

Так как при наличии оси проекций положение точки A относительно плоскостей проекций π_1 и π_2 установлено, то отрезок $A'A_x$ выражает расстояние точки A от плоскости проекций π_2, а отрезок $A''A_x$ — расстояние точки A от плоскости проекций π_1. Так же можно определить расстояние точки A от оси проекций. Оно выражается гипотенузой треугольника, построенного по катетам $A'A_x$ и $A''A_x$.

Следует обратить внимание на необходимость проведения *линии связи* между проекциями точки: только при наличии этой линии, взаимосвязывающей проекции, получается возможность установить положение определяемой ими точки.

Условимся в дальнейшем эпюр Монжа, а также *проекционные чертежи, в основе которых лежит метод Монжа, называть одним словом — **чертеж** и понимать это только в указанном смысле.* В других случаях применения слова «чертеж» оно будет сопровождаться соответствующим определением (перспективный чертеж, аксонометрический чертеж и т. п.).

2.6 Точка в системе трех плоскостей проекций

В ряде построений и при решении задач оказывается необходимым вводить в систему π_1, π_2 и другие плоскости проекций. Известно, что в практике составления чертежей, например машин и их частей, чертеж преимущественно содержит не два, а большее число изображений.

Рассмотрим введение в систему π_1, π_2 еще одной плоскости проекций (рисунок 63): обозначенная буквой π_3 плоскость перпендикулярна и к π_1 и к π_2. Ее называют ***профильной плоскостью проекций.*** Так же, как и плоскость π_2, плоскость π_3 расположена вертикально. Помимо оси проекций x, появляются еще оси z и y, перпендикулярные к оси x. Буквой O обозначена точка пересечения всех трех осей проекций. Так как ось $x \perp \pi_3$, ось $y \perp \pi_2$, ось $z \perp \pi_1$, то в точке O совпадают проекции оси x на плоскость π_3, оси y на плоскость π_2 и оси z на плоскость π_1.

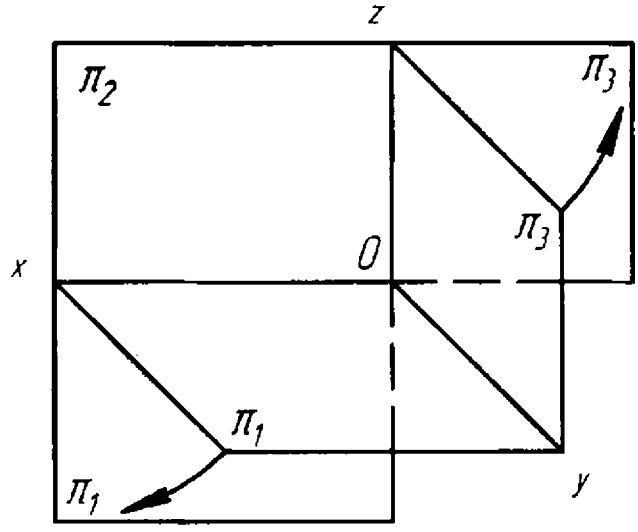


Рисунок 63

На рисунке 63 показана схема совмещения плоскостей π_1, π_2 и π_3, в одну плоскость. Для оси y дано два положения (рисунок 65).

Наглядное изображение на рисунке 64 и чертеж на рисунке 65 содержат горизонтальную, фронтальную и профильную проекции некоторой точки A.

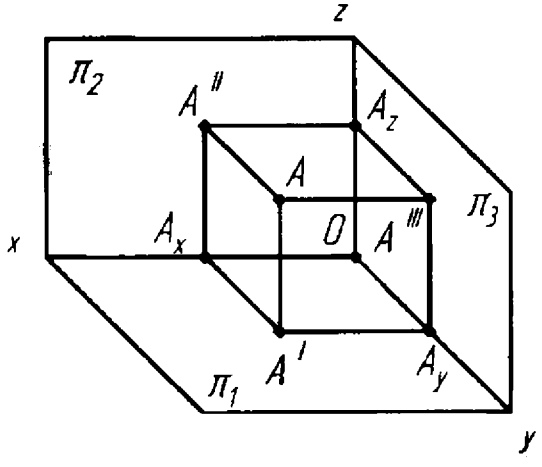


Рисунок 64

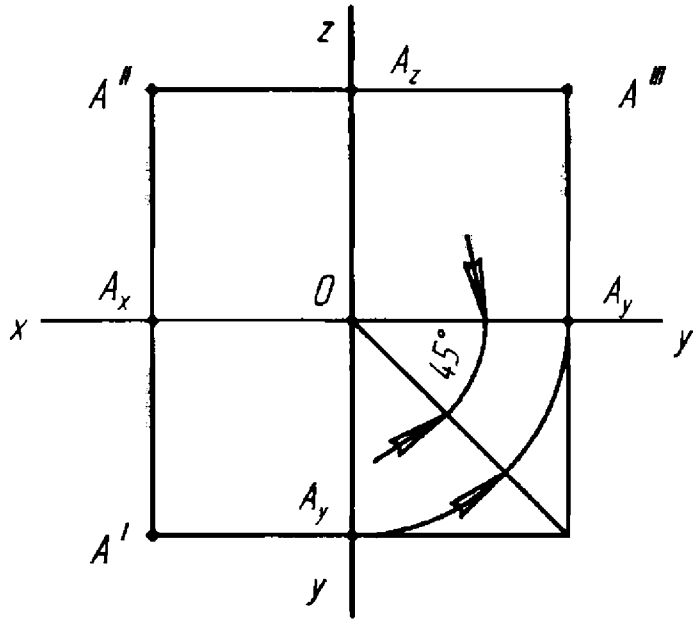


Рисунок 65

Горизонтальная и фронтальная проекции (A' и A'') расположены на одном перпендикуляре к оси x — *на линии связи* $A''A'$, фронтальная и профильная проекции (A'' и A''') — на одном перпендикуляре к оси z — *на линии связи* $A''A'''$.

Построение профильной проекции по фронтальной и горизонтальной показано на рисунке 65. Можно воспользоваться или дугой окружности, проводимой из точки O, или биссектрисой угла yOy.

Расстояние точки A от плоскости π_1, измеряется на чертеже отрезком $A''A_x$ или отрезком $A'''A_y$, расстояние от π_2 — отрезком $A'A_x$ или отрезком $A'''A_z$, расстояние от π_3 — отрезком $A'A_y$ или отрезком $A''A_z$.

Итак, расстояния точки от плоскостей проекций и от осей проекций могут быть измерены непосредственно, как определенные отрезки на чертеже. При этом должен быть учтен его масштаб.

Рассмотрим примеры построения третьей проекции точки по двум заданным. Пусть (рисунок 66, *а*) точка B задана ее фронтальной и горизонтальной проекциями. Введя ось z (рисунок 66, *б*: расстояние OB_x произвольно, если нет каких-либо условий) и проведя через B'' линию связи, перпендикулярную к оси z, откладываем на ней вправо от этой оси отрезок $B'''B_z$, равный $B'B_x$.

На рисунке 66, *в* построена проекция C' по заданным проекциям C'' и C''' (ход построения указан стрелками).

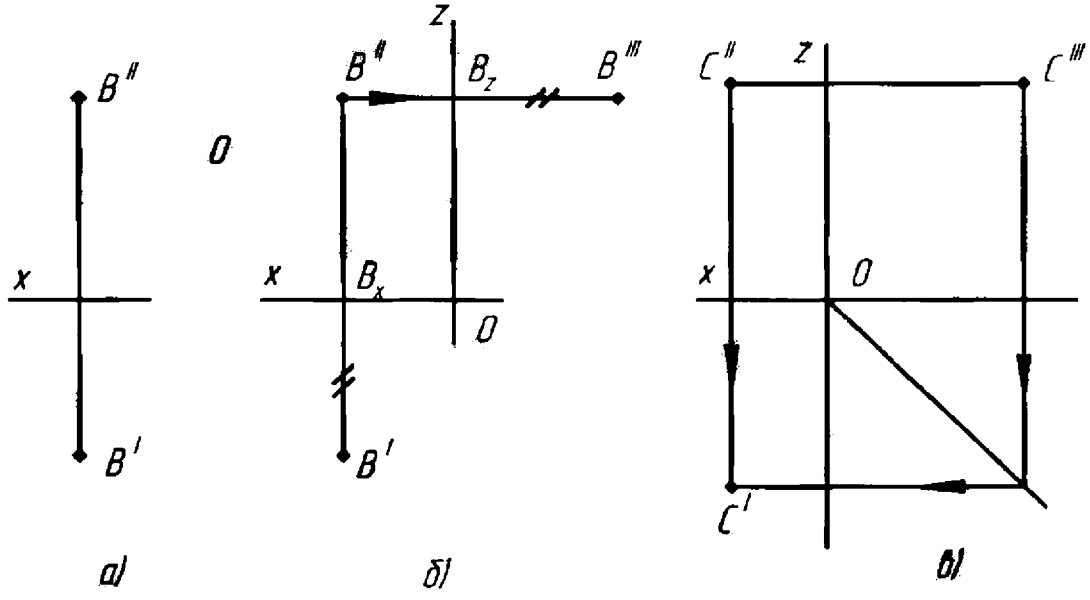


Рисунок 66

Вопросы для самопроверки

1. Что такое «система π_1, π_2» и как называются плоскости проекций π_1 и π_2?
2. Что называется осью проекций?
3. Что такое «линия связи»?
4. Как строится профильная проекция точки по ее фронтальной и горизонтальной проекциям?

2.7 Ортогональные проекции и система прямоугольных координат

Модель положения точки в системе π_1, π_2, π_3 (рисунок 64) аналогична модели, которую можно построить, зная ***прямоугольные координаты этой точки***, т. е. числа, выражающие ее расстояния от трех взаимно перпендикулярных плоскостей — ***плоскостей координат***. Прямые, по которым пересекаются плоскости координат, называются ***осями координат***. Точка пересечения осей координат называется ***началом координат*** и обозначается буквой *О*. Для осей координат будем применять обозначения, показанные на рисунке 64.

Плоскости координат в своем пересечении образуют восемь трехгранных углов, деля пространство на восемь частей — восемь *октантов*. На рисунке 64 изображен один из октантов. Показано образование отрезков, определяющих координаты некоторой точки *А*: из точки *А* проведены перпендикуляры к каждой из плоскостей координат. Первая координата точки *А*, называемая ее ***абсциссой***, выразится числом, полученным от сравнения отрезка AA''' (или равного ему отрезка OA_x на оси x) с некоторым отрезком, принятым за единицу масштаба. Также отрезок AA'' (или равный ему отрезок OA_y на оси y) определит вторую координату точки *А*, называемую ***ординатой***; отрезок AA' (или равный ему отрезок OA_z на оси z) — третью координату, называемую ***аппликатой***.

При буквенном обозначении координат абсцисса указывается буквой x, ордината — буквой y, аппликата — буквой z (рисунок 67).

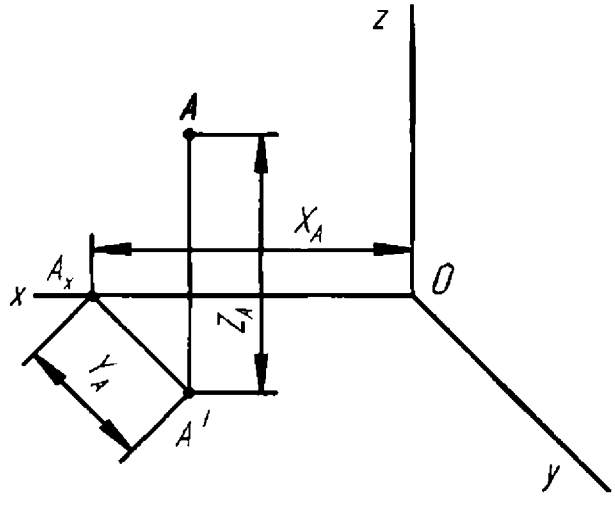


Рисунок 67

Построенный на рисунке 64 параллелепипед называют ***параллелепипедом координат*** данной точки *А*. Построение точки по заданным ее координатам сводится к построению трех ребер параллелепипеда координат, составляющих трехзвенную ломаную линию (рисунок 67). Надо отложить последовательно отрезки $OA_x(X_A)$, $A_xA'(Y_A)$ и $A'A(Z_A)$. Точку *А* можно получить шестью комбинациями, в каждой из которых должны быть все три координаты.

На рисунке 67 для наглядного изображения взята известная из курса черчения средней школы проекция, называемая ***кабинетной***. В ней оси x и z взаимно перпендикулярны, а ось y является продолжением биссектрисы угла xOz. В кабинетной проекции отрезки, откладываемые по оси y или параллельно ей, сокращаются вдвое.

Рисунок 64 показывает, что построение проекции точки сопровождается построением отрезков, определяющих координаты этой точки, если принять плоскости проекции за плоскости координат. Каждая из проекции точки A на плоскостях проекций определяется двумя координатами этой точки; например, положение проекции A' определяется координатами x_A и y_A на плоскости π_1.

Положим, дана точка $A(7; 3; 5)$; эта запись означает, что точка A определяется координатами $x = 7$, $y = 3$, $z = 5$. Если масштаб для построения чертежа задан или выбран, то (рисунок 67) откладывают на оси x от некоторой точки O отрезок OA_x (X_A), равный 7 единицам; на отрезке, параллельном оси y откладывают от точки A_x отрезок A_xA' (Y_A), равный 3 единицам и на отрезке, параллельном оси z, проведенном из точки A', — отрезок $A'A(Z_A)$, равный 5 единицам. Получаем положение точки A в пространстве.

Принимая оси проекций за оси координат, можно найти координаты точки по данным ее проекциям. Например, на рисунке 65 отрезок OA_x выражает абсциссу точки A, отрезок OA_y — ее ординату, отрезок OA_z — аппликату.

Если задается лишь абсцисса, то этому соответствует плоскость, параллельная плоскости, определяемой осями y и z. Действительно, такая плоскость является геометрическим местом точек, у которых абсциссы равны заданной величине (рисунок 68, плоскость α).

Если задаются две координаты, то этим определяется прямая, параллельная соответствующей координатной оси. Например, имея заданными абсциссу и ординату, получаем прямую, параллельную оси z

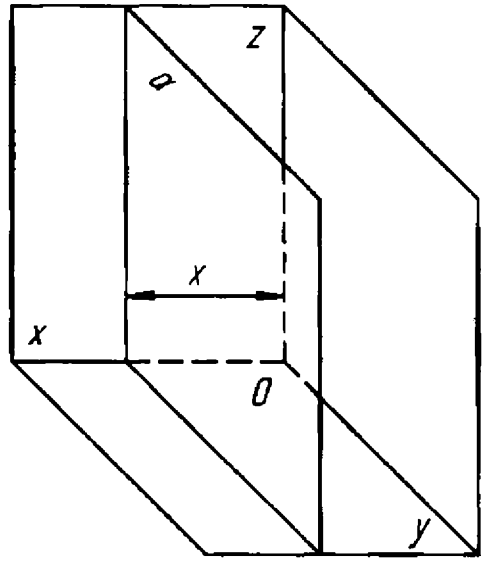


Рисунок 68

(на рисунке 69 это прямая *AB*). Она является линией пересечения двух плоскостей α и β, где β — геометрическое место точек с равными ординатами. Прямая *AB* служит геометрическим местом точек, у которых равны между собой абсциссы и равны между собой ординаты.

Если задаются все три координаты, то этим определяется точка. На рисунке 70 показана точка *K*, полученная в пересечении трех плоскостей, из которых α есть геометрическое место точек по заданной абсциссе, β — по заданной ординате и γ — по заданной аппликате.

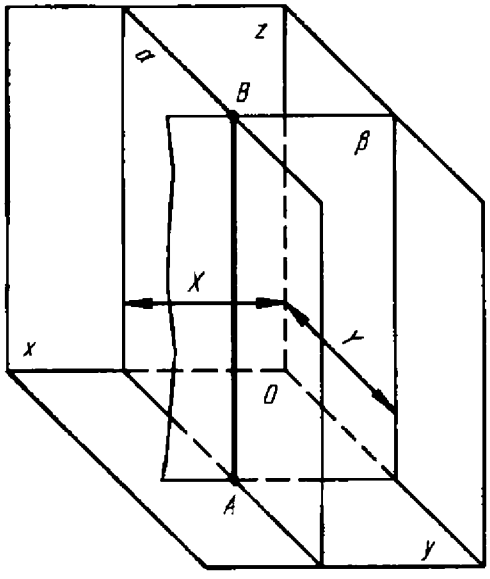


Рисунок 69

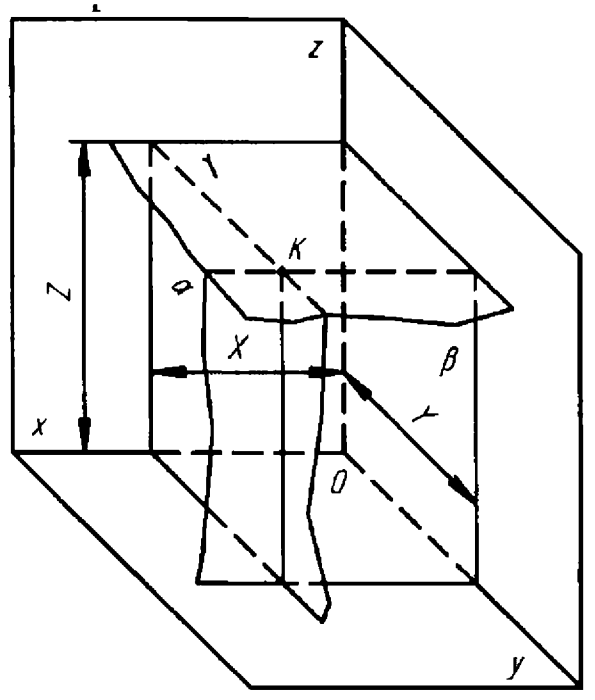


Рисунок 70

Точка может находиться в любом из восьми октантов. Следовательно, нужно знать не только расстояние данной точки от той или иной плоскости координат, но и направление, по которому надо это расстояние отложить; для этого координаты точек выражают относительными числами.

2.8 Проекции отрезка прямой линии

Отрезок прямой линии определяется двумя точками, которые находятся на концах этого отрезка.

Прямоугольную проекцию отрезка *AB* можно построить следующим образом.

Положим, что в пространстве заданы точки *A* и *B* (рисунок 71). Соединив эти точки прямой линией, мы получаем отрезок прямой линии *AB*.

Опустив перпендикуляры из точек *A* и *B*, например, на плоскость π_1, получим горизонтальные проекции A' и B' этих точек. Соединив эти

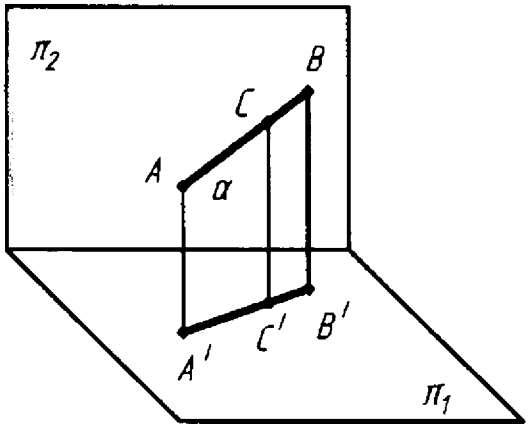


Рисунок 71

точки прямой линией, получим искомую горизонтальную проекцию $A'B'$ отрезка AB.

Если взять на отрезке прямой линии AB точки A, B, C и из каждой точки опустить перпендикуляры на плоскость π_1, то совокупность этих перпендикуляров можно рассматривать как плоскость α, перпендикулярную к плоскости π_1.

Плоскость α пересечет плоскость π_1 по прямой линии, на которой располагаются точки пересечения всех перпендикуляров с плоскостью π_1 (A', B', C'). Так как эти точки являются проекциями точек отрезка AB на плоскость π_1, то, следовательно, и отрезок $A'B'$ будет проекцией отрезка AB.

Таким образом, проекцию отрезка AB на плоскости проекций π_1 можно получить, если через отрезок AB провести плоскость α, перпендикулярную к плоскости проекций π_1, до их взаимного пересечения. Линия пересечения плоскостей $A'B'$ и будет проекцией отрезка AB.

Аналогично строится и фронтальная проекция $A''B''$ отрезка AB на плоскость проекций π_2.

На рисунке 72 показано построение проекций отрезка AB на три плоскости проекций.

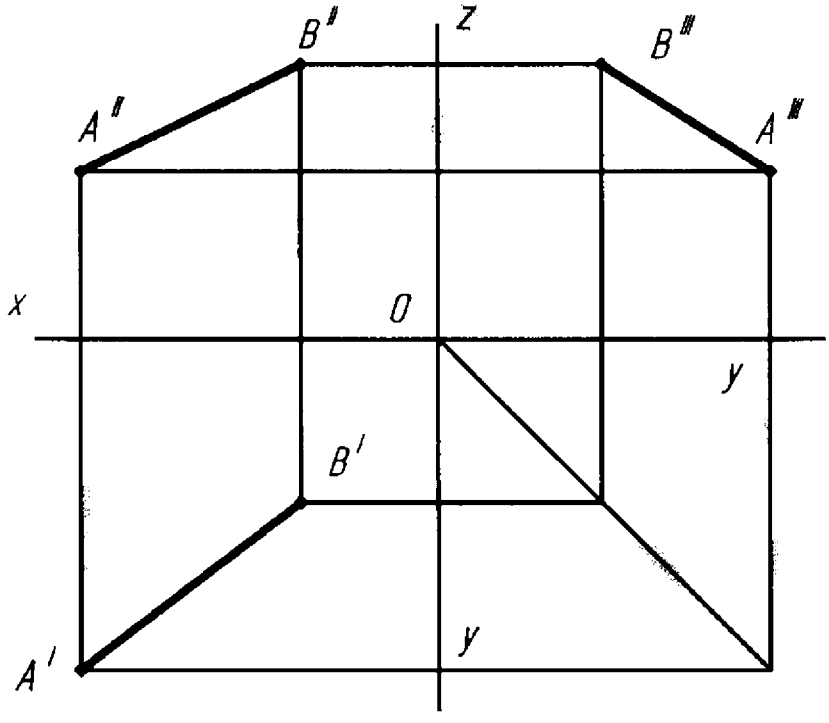


Рисунок 72

Проекции A''' и B''' построены так, как это было показано на рисунке 65 для одной точки A.

Точки A и B находятся на разных расстояниях от каждой из плоскостей π_1, π_2 и π_3, т. е. прямая AB не параллельна ни одной из них. При этом ни одна из проекций прямой не параллельна оси проекций и не перпендикулярна к ней. Такая прямая называется ***прямой общего положения.***

Каждая из проекций меньше самого отрезка: $A'B' < AB$, $A''B'' < AB$, $A'''B''' < AB$.

Прямая линия может занимать относительно плоскостей проекций особые (иначе, частные) положения. Рассмотрим их по следующим двум признакам:

— прямая параллельна одной плоскости проекций;

— прямая параллельна двум плоскостям проекций.

В первом случае одна проекция отрезка прямой равна самому отрезку. Во втором случае две проекции отрезка равны ему.

2.9 Прямая параллельна одной плоскости проекций

1 Прямая параллельна плоскости π_1 (рисунок 73). В таком случае фронтальная проекция прямой параллельна оси проекций (x) и горизонтальная проекция отрезка этой прямой равна самому отрезку: $A'B' = AB$. Такая прямая называется ***горизонтальной.***

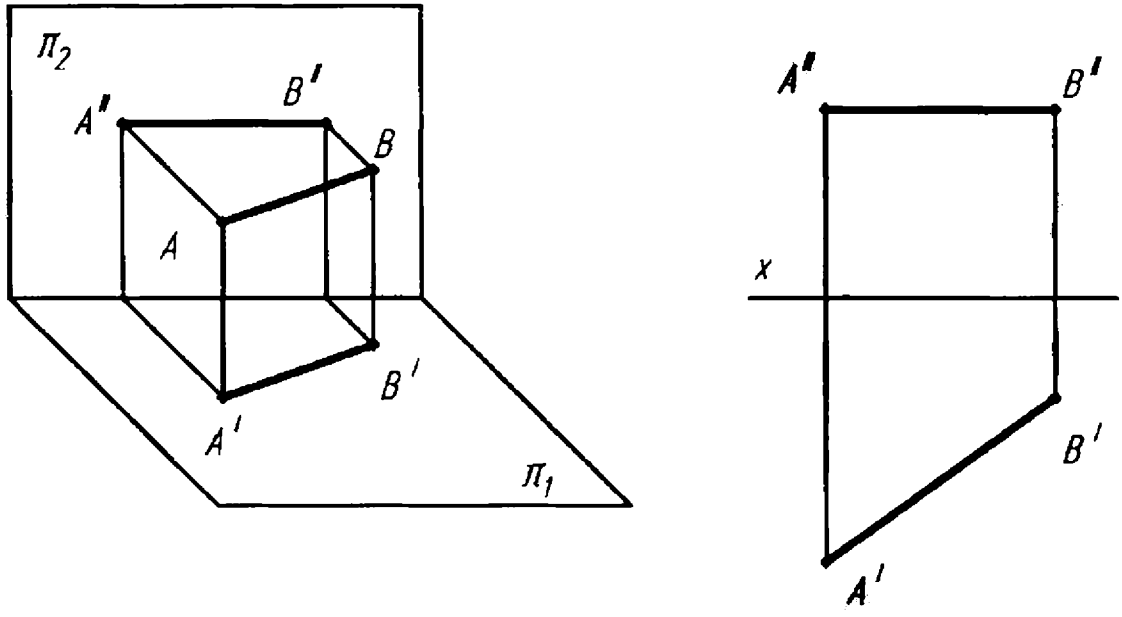


Рисунок 73

Если, например, проекция. $A''B''$ совпадает с осью проекций, то отрезок AB расположен в плоскости π_1.

2 Прямая параллельна плоскости π_2 (рисунок 74). В таком случае ее горизонтальная проекция параллельна оси проекций (x) и фронтальная

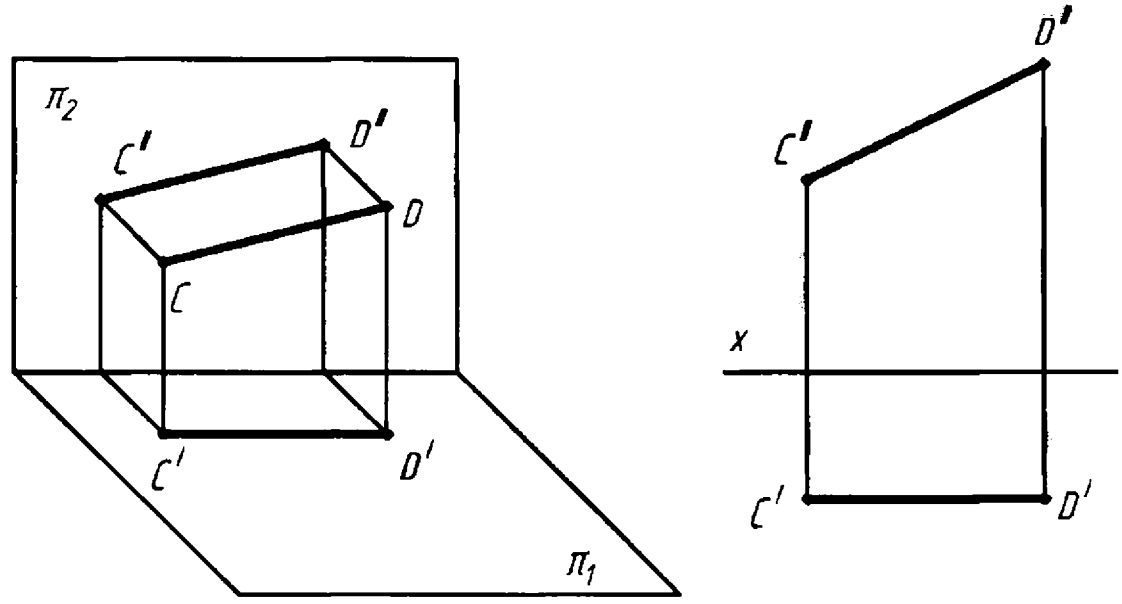


Рисунок 74

проекция отрезка этой прямой равна самому отрезку: $C''D'' = CD$. Такая прямая называется ***фронтальной***.

Если, например, проекция $C'D'$ совпадает с осью проекций, то это соответствует положению отрезка CD в самой плоскости π_2.

3 **Прямая параллельна плоскости** π_3 (рисунок 75). В таком случае горизонтальная и фронтальная проекции прямой располагаются на одном перпендикуляре к оси проекций x и профильная проекция этой прямой равна самому отрезку: $E'''F''' = EF$. Такая прямая называется ***профильной***.

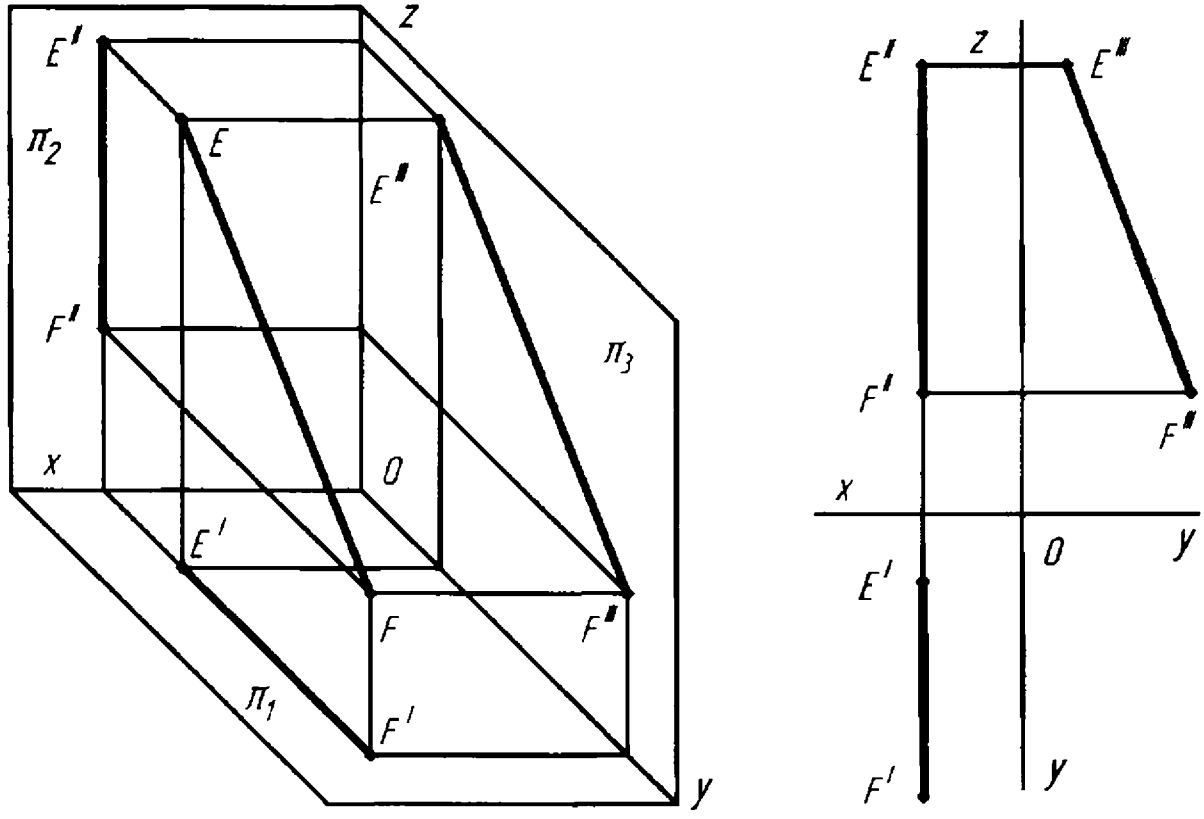


Рисунок 75

Можно ли считать, что на чертежах, подобных указанным на рисунках 73, 74 и 75, изображены отрезки именно прямых линий? Да. Доказательство такое же, как для прямой общего положения (рисунок 71).

Если же на чертеже в системе π_1, π_2 обе проекции перпендикулярны к оси проекций, то проецирующие плоскости, проведенные через $E'F'$ и $E''F''$, сливаются в одну и оригиналом может быть не только прямая линия, но и некоторая плоская кривая (рисунок 76).

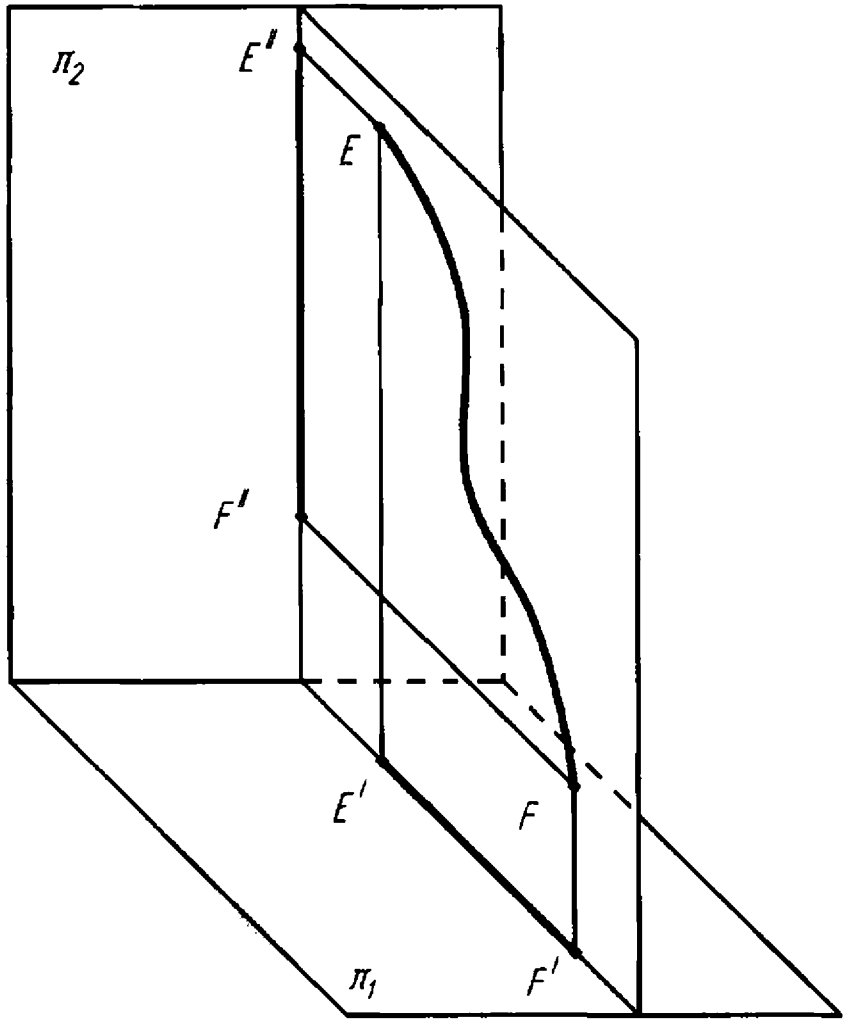


Рисунок 76

2.10 Прямая параллельна двум плоскостям проекций

1 Прямая параллельна плоскостям π_1 и π_2 (рисунок 77), т. е. перпендикулярна к плоскости π_3. Проекция на плоскость π_3 представит собой точку.

2 Прямая параллельна плоскостям π_1 и π_3 (рисунок 78), т. е. перпендикулярна к плоскости π_2. Проекция на плоскость π_3 представляет собой отрезок прямой, параллельный и равный $C'D'$.

3 Прямая параллельна плоскостям π_2 и π_3 (рисунок 79), т. е. перпендикулярна к плоскости π_1. Проекция на плоскость π_3 представит собой

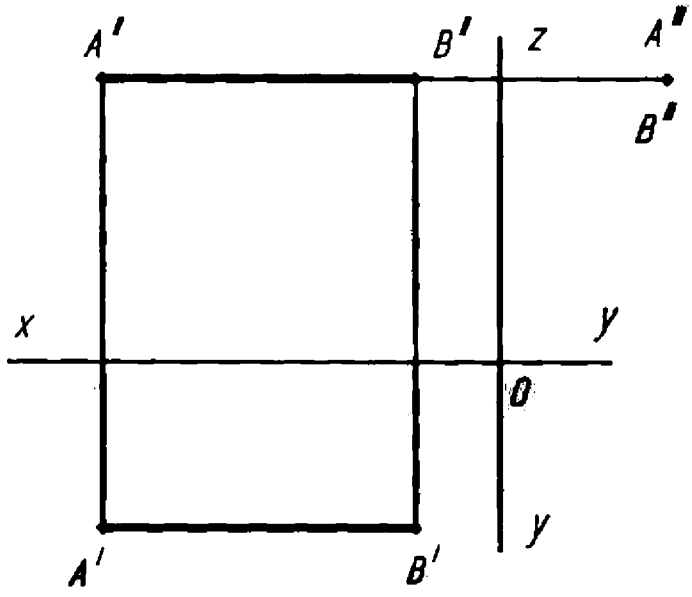


Рисунок 77

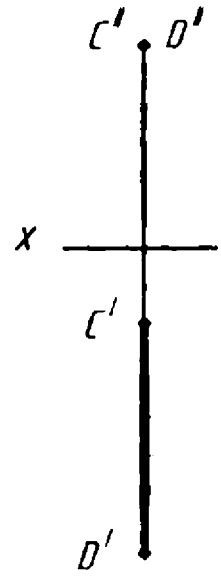


Рисунок 78

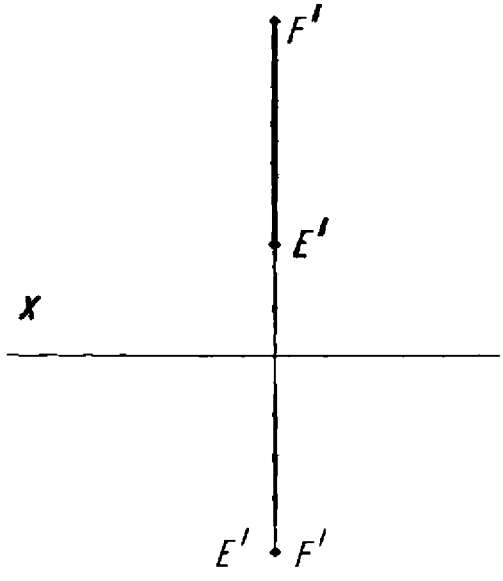


Рисунок 79

отрезок, параллельный и равный $E''F''$. На рисунке 80 дано наглядное изображение положения рассмотренных прямых. Для данных прямых встречается название «проецирующие прямые».

Обычно строятся проекции отрезков прямой линии с указанием концевых точек отрезка. Если же по каким-либо причинам показывают некоторую неопределенную часть прямой линии, то практически тоже показывают отрезок линии, но не обозначают концевых точек этого отрезка. При этом можно пользоваться обозначением каждой проекции только одной буквой, относя ее к какой-либо точке прямой (рисунок 81): «прямая, проходящая через точку A».

Обратим внимание на чертеж слева на рисунке 82. Относительно прямой, изображенной на нем, можно сказать лишь то, что она проходит через точку L и параллельна плоскости π_1, но в остальном положение этой прямой не определяется. Определенность была бы внесена го-

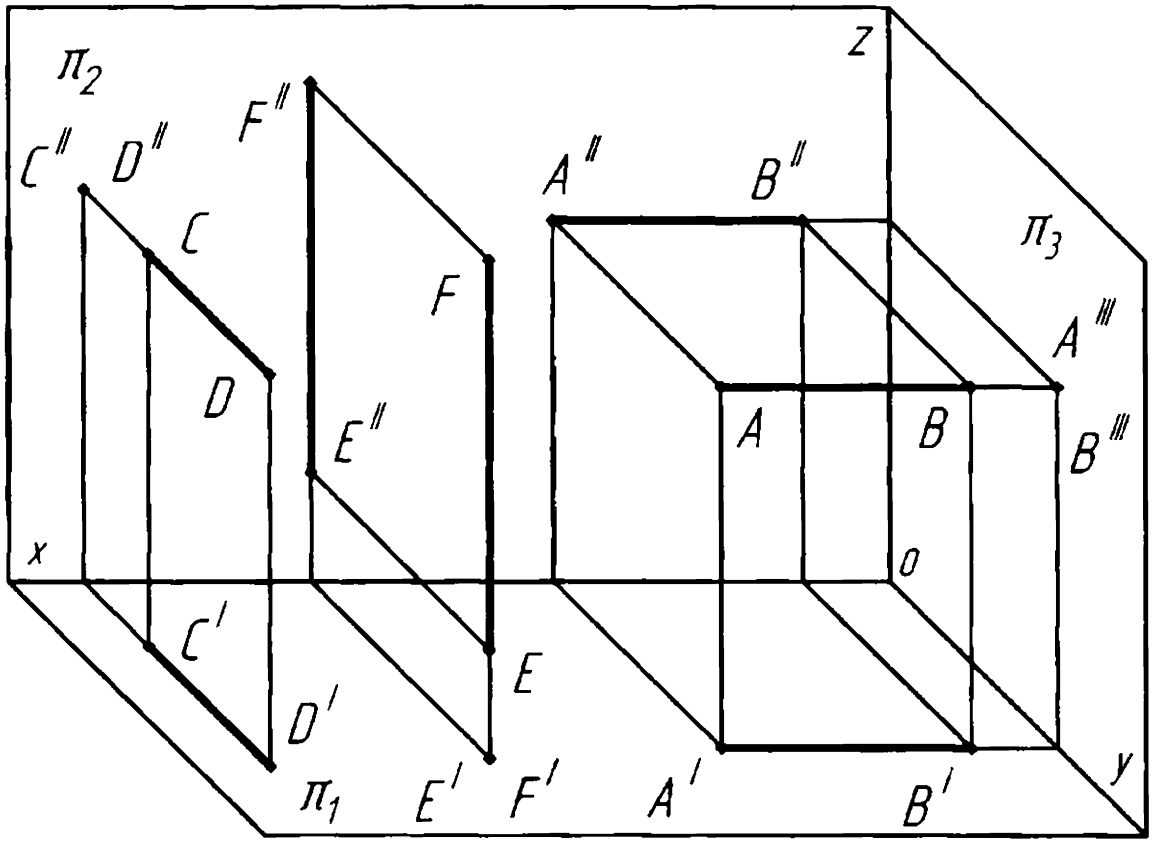


Рисунок 80

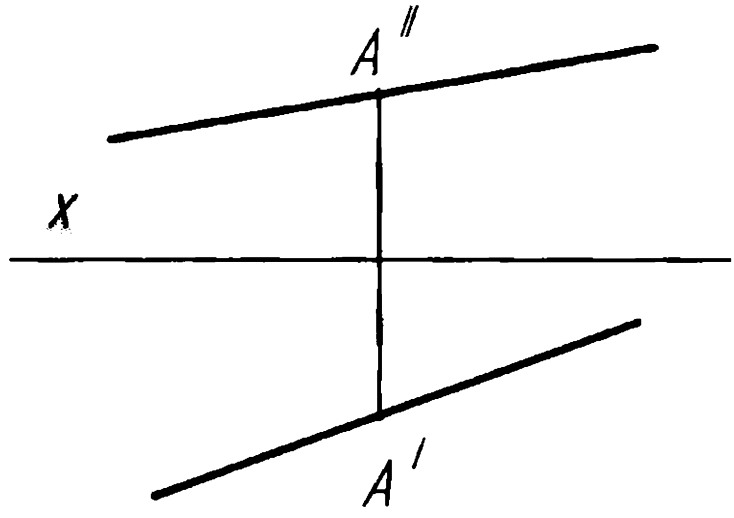


Рисунок 81

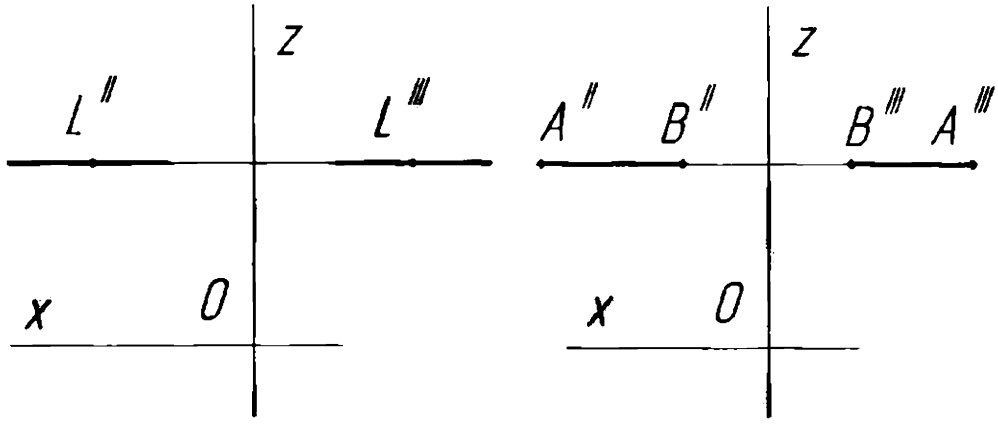


Рисунок 82

ризонтальной проекцией, т. е. проекцией на плоскость, по отношению, к которой прямая параллельна.

Если же мы имеем дело с прямой, заданной двумя своими точками (например, с отрезком прямой, заданным своими концами), то можно точно определить положение этой прямой и в том случае, если не задана ее проекция на плоскость, параллельной этой прямой. Так, например, если дан отрезок AB прямой (рисунок 82, справа), то мы можем установить не только параллельность этой прямой по отношению к плоскости π_1, но и то, что точка A данной прямой более удалена от плоскости π_2, чем точка B.

2.11 Точка на прямой. Следы прямой

На рисунке 83 дан чертеж некоторой прямой общего положения, проходящей через точку A. Если известно, что точка B принадлежит этой прямой и что горизонтальная проекция точки B находится в точке B', то фронтальная проекция B'' определяется так, как показано на рисунке 83.

На рисунке 84 показано построение точки на профильной прямой. Положим, что задана проекция C''' этой точки; надо найти ее горизонтальную проекцию. Построение выполнено при помощи профильной проекции $A'''B'''$ отрезка AB, взятого на профильной прямой. Ход построения показан стрелками. Сначала определена проекция C''', а по ней — искомая проекция C'.

Одним из свойств параллельного проецирования является то, что ***отношение отрезков прямой линии равно отношению их проекций*** (рисунок 85): $\frac{AC}{CB} = \frac{A^0C^0}{C^0B^0}$, так как прямые AA^0, CC^0 и BB^0 параллельны между собой. Аналогично, отношение отрезков на проекции прямой ли-

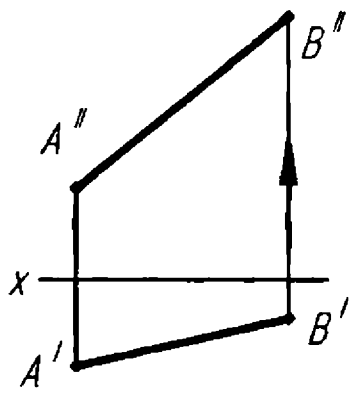


Рисунок 83

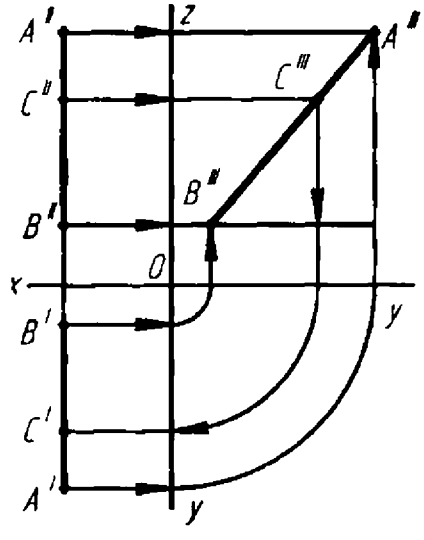


Рисунок 84

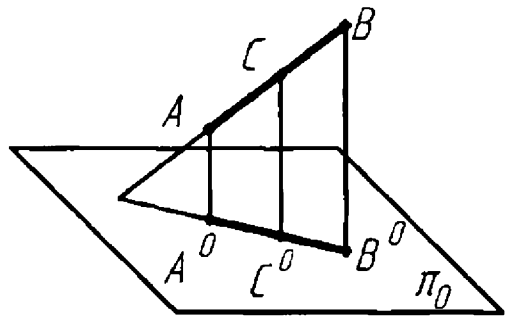


Рисунок 85

нии равно отношению отрезков на этой прямой. Если бы точка делила пополам отрезок прямой, то проекция этой точки также делила бы проекцию отрезка пополам, и наоборот.

Из сказанного следует, что на рисунке 84 деление проекций $A''B''$ и $A'B'$ точками C'' и C' соответствует делению в пространстве отрезка AB точкой C в том же отношении.

На рисунке 86 дан пример деления отрезка прямой линии в некотором заданном отношении.

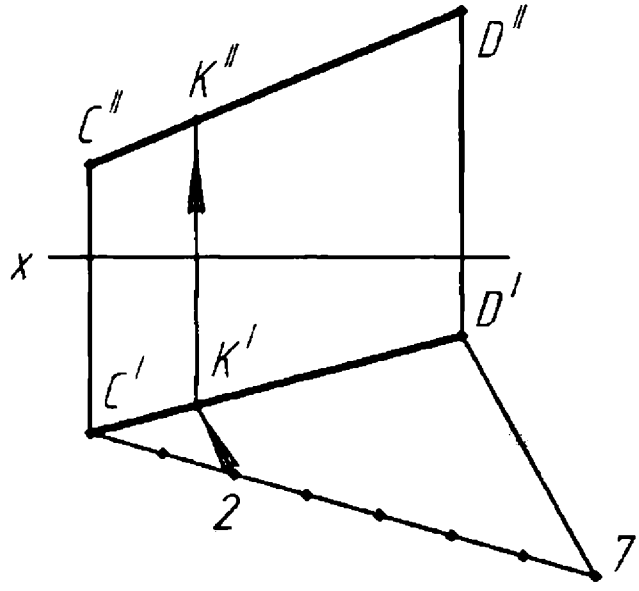


Рисунок 86

Отрезок CD разделен в отношении 2:5. Из точки C' проведена вспомогательная прямая, на которой отложено семь (2 + 5) отрезков произвольной длины, но равных между собой. Проведя отрезок $D'7$ и параллельно ему через точку 2 прямую, получаем точку K', причем $C'K' : K'D' = 2 : 5$; затем находим K''. Точка K делит отрезок CD в отношении 2:5.

На рисунке 87 показаны точки M и N, в которых прямая, заданная отрезком AB, пересекает плоскости проекций. Эти точки называются ***следами***, точка M — ***горизонтальный след прямой***, точка N — ее ***фронтальный след***.

Горизонтальная проекция горизонтального следа (точка M') совпадает с самим следом, а фронтальная проекция этого следа M'' лежит на

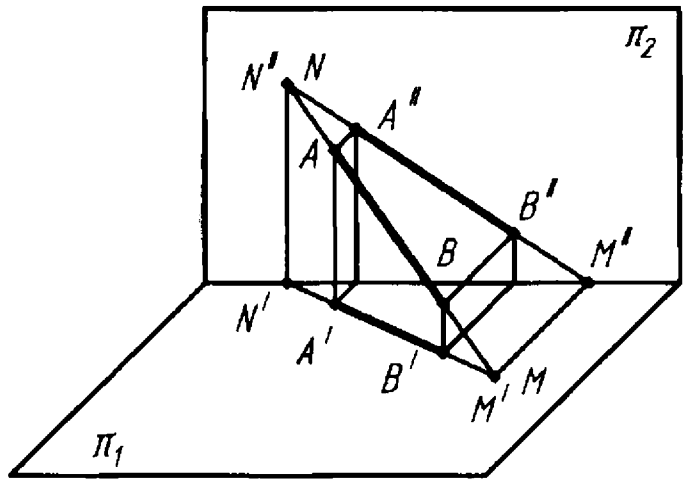


Рисунок 87

оси проекций. Фронтальная проекция фронтального следа N'' совпадает с точкой N, а горизонтальная проекция N' лежит на той же оси проекций.

Следовательно, чтобы найти горизонтальный след, надо (рисунок 88) продолжить фронтальную проекцию $A''B''$ до пересечения с осью π_2/π_1 и через точку M'' (фронтальную проекцию горизонтального следа) провести перпендикуляр к оси π_2/π_1 до пересечения с продолжением горизонтальной проекции $A'B'$. Точка M' — горизонтальная проекция горизонтального следа; она совпадает с самим следом (≡ знак совпадения).

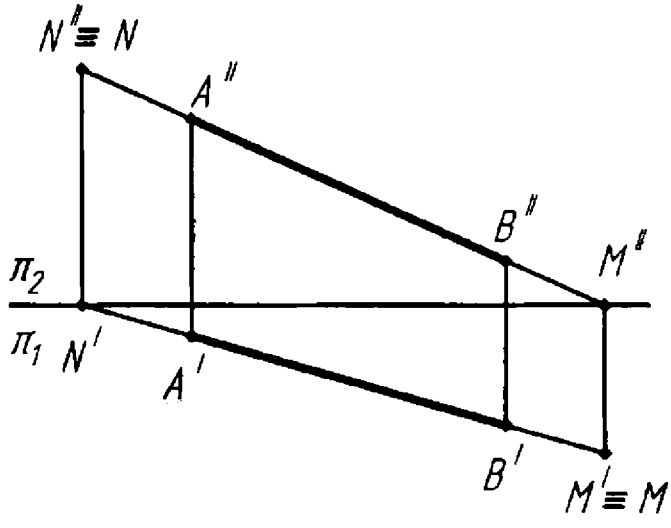


Рисунок 88

Для нахождения фронтального следа продолжаем горизонтальную проекцию $A'B'$ до пересечения с π_2/π_1; через точку N' (горизонтальную проекцию фронтального следа) проводим перпендикуляр до пересечения с продолжением фронтальной проекции $A''B''$. Точка N'' — фронтальная проекция фронтального следа; она совпадает с самим следом.

Прямая не имеет следа на плоскости проекций в том случае, когда она параллельна этой плоскости.

Построение следов профильной прямой (рисунок 89) может быть выполнено следующим способом (рисунок 90).

Строим профильную проекцию ($A'''B'''$), определяем положение профильных проекций горизонтального следа (M''') и фронтального следа (N''') и затем находим положение остальных проекций этих следов (последовательность построения на чертеже показана стрелками).

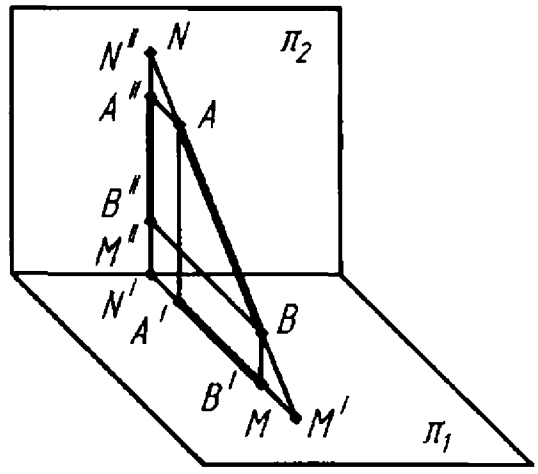


Рисунок 89

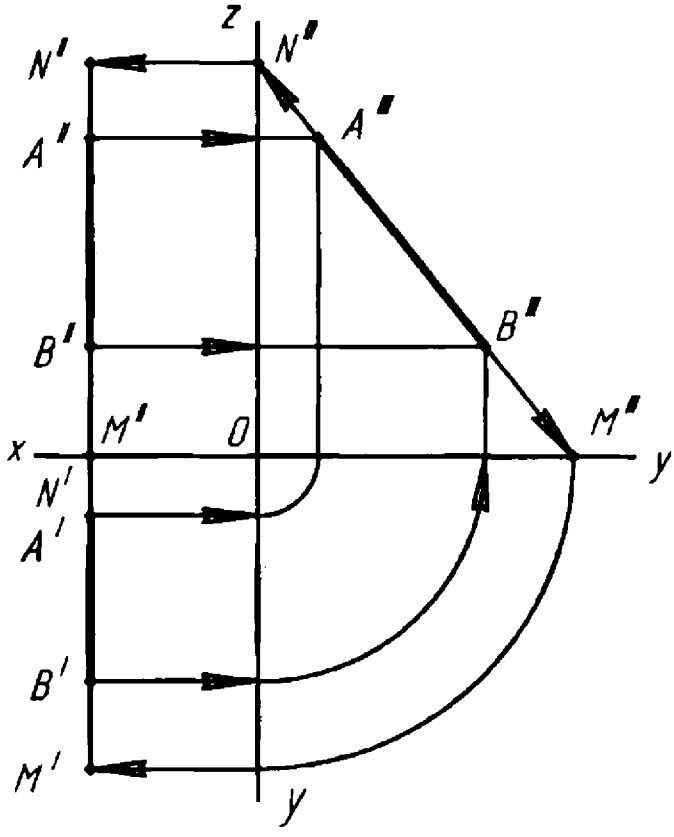


Рисунок 90

2.12 Взаимное положение двух прямых

Параллельные прямые. К числу свойств параллельного проецирования относится следующее: ***проекции двух параллельных прямых параллельны между собой.*** Если (рисунок 91) прямая AB параллельна прямой CD, то проецирующие плоскости; α и β параллельны между собой и при пересечении этих плоскостей с плоскостью проекций π_0 получаются параллельные между собой проекции A^0B^0 и C^0D^0.

Однако хотя $A^0B^0 \,||\, C^0D^0$(рисунок 91), прямые, для которых A^0B^0 и C^0D^0 являются проекциями, могут быть не параллельны между собой: например, прямая AB не параллельна прямой C_1D_1.

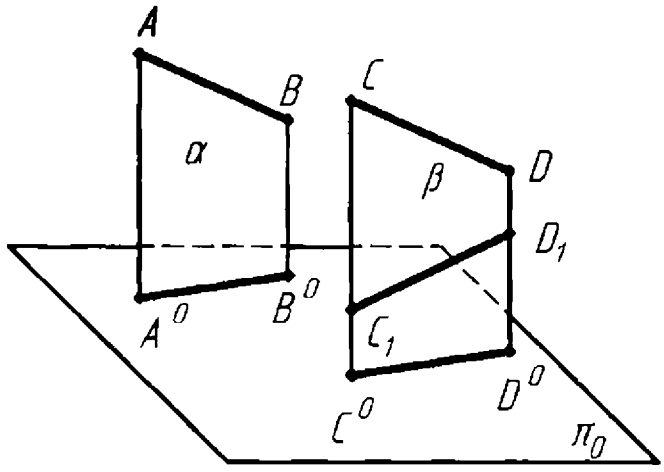


Рисунок 91

Из указанного свойства параллельного проецирования следует, что ***горизонтальные проекции параллельных прямых параллельны между собой, фронтальные проекции параллельны между собой и профильные проекции параллельны между собой.***

Справедливо ли обратное заключение, т. е. будут ли параллельны две прямые в пространстве, если на чертеже их одноименные проекции попарно параллельны?

Да, если даны параллельные между собой проекции на каждой из трех плоскостей проекций π_1, π_2 и π_3. Но если даны параллельные между собой проекции прямых лишь на двух плоскостях проекций, то этим параллельность прямых в пространстве подтверждается всегда для прямых общего положения и может не подтвердиться для прямых, параллельных одной из плоскостей проекций.

Пример дан на рисунке 92. Хотя профильные прямые AB и CD заданы проекциями $A'B'$, $A''B''$ и $C'D'$, $C''D''$, между собой параллельными, но сами прямые не параллельны — это видно из взаимного расположения их профильных проекций, построенных по заданным проекциям.

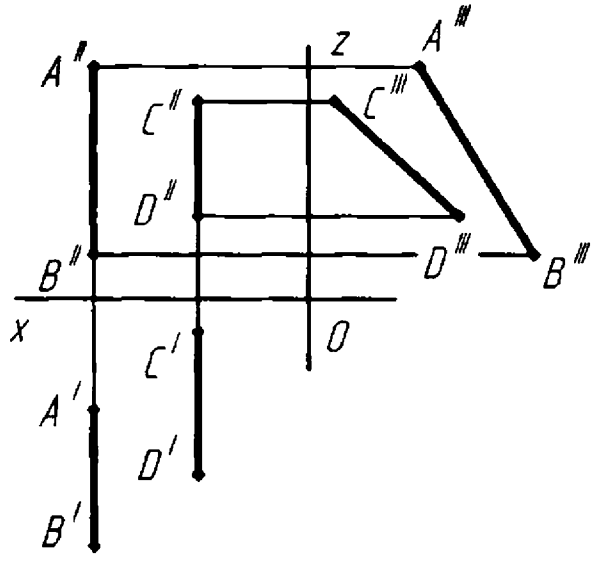


Рисунок 92

Итак, *вопрос был решен при помощи проекций прямых на той плоскости проекций, по отношению к которой данные прямые параллельны.*

На рисунке 93 показан случай, когда можно установить, что профильные прямые AB и CD не параллельны между собой, не прибегая к построению третьей проекции: достаточно обратить внимание на чередование буквенных обозначений.

Если через данную точку A требуется провести прямую, параллельную данной прямой LM, то (рисунок 94, слева) построение сводится к проведению через точку A'' прямой, параллельной $L''M''$, и через точку A' прямой, параллельной $L'M'$.

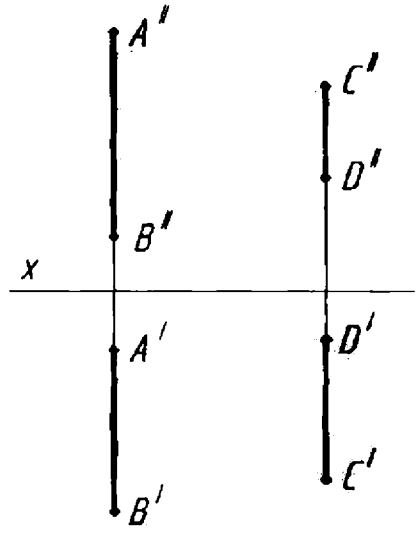


Рисунок 93

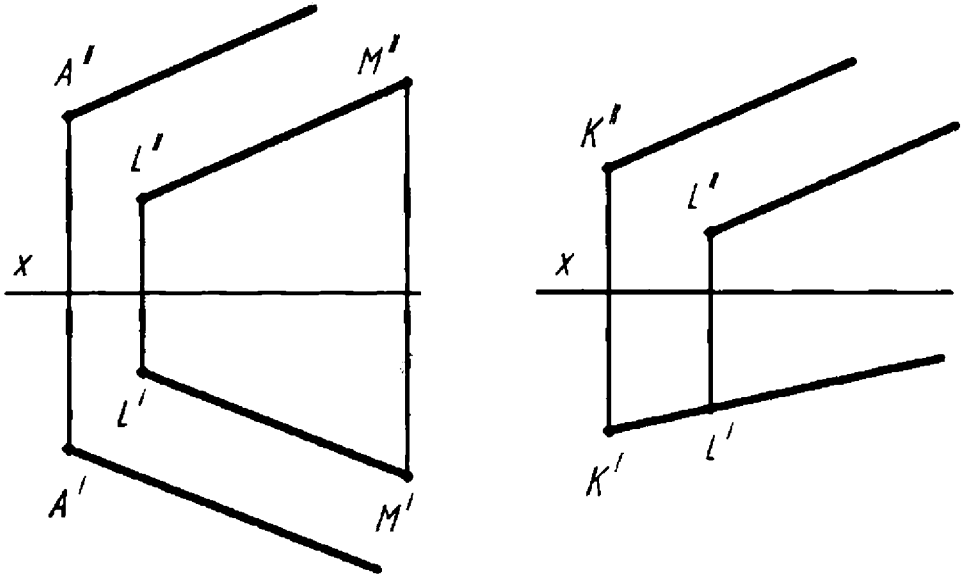


Рисунок 94

В случае, изображенном на рисунке 94 справа, параллельные прямые расположены в общей для них проецирующей плоскости, перпендикулярной к плоскости π_1. Поэтому горизонтальные проекции этих прямых расположены на одной прямой.

Пересекающиеся прямые. Если прямые линии пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются между собой в точке, которая является проекцией точки пересечения этих прямых.

Действительно (рисунок 95), если точка K принадлежит обеим прямым AB и CD, то проекция этой точки должна быть точкой пересечения проекций данных прямых.

Заключение о том, что данные на чертеже прямые пересекаются между собой, можно сделать всегда по отношению к прямым общего положения, независимо от того, даны ли проекции на трех или двух плос-

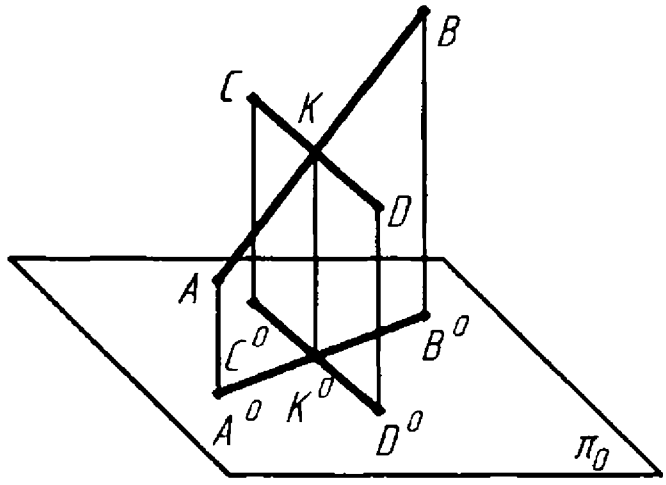


Рисунок 95

костях проекций. Необходимым и достаточным условием является лишь то, чтобы ***точки пересечения одноименных проекций находились на одном и том же перпендикуляре к соответствующей оси проекций*** (рисунок 96).

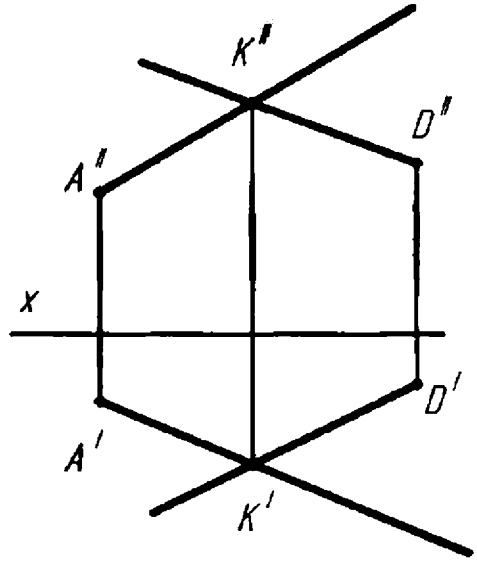


Рисунок 96

Но если одна из данных прямых параллельна какой-либо из плоскостей проекций, а на чертеже не даны проекции на этой плоскости, то нельзя утверждать, что такие прямые пересекаются между собой, хотя бы и было соблюдено указанное выше условие. Например, в случае, данном на рисунке 97, прямые *AB* и *CD*, из которых прямая *CD* параллельна плоскости π_3, не пересекаются между собой; это может быть подтверждено построением профильных проекций или применением правила о делении отрезков в данном отношении.

Изображенные на рисунке 98 пересекающиеся прямые расположены в общей для них проецирующей плоскости, перпендикулярной к плоскости π_2. Поэтому фронтальные проекции этих прямых расположены на одной прямой.

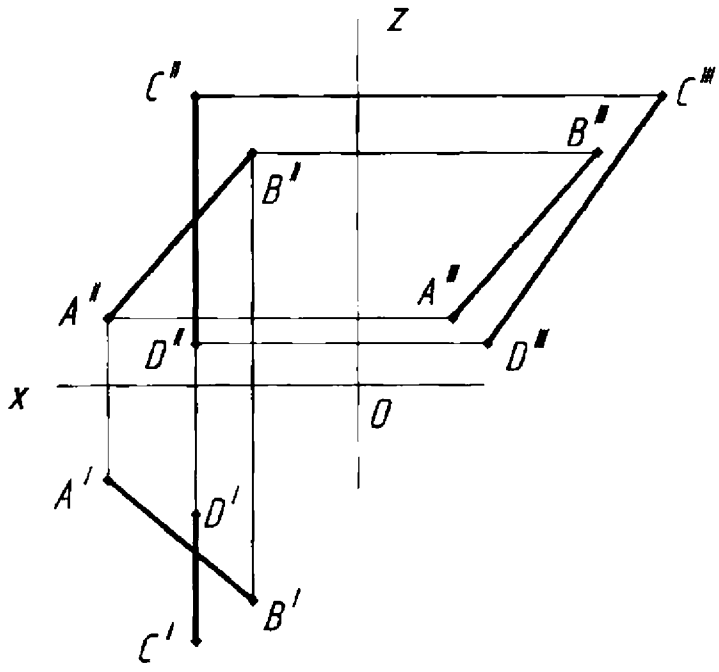


Рисунок 97

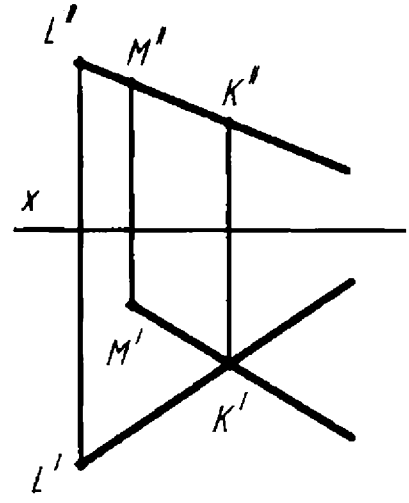


Рисунок 98

Скрещивающиеся прямые. Скрещивающиеся прямые линии не пересекаются и не параллельны между собой. На рисунке 99 изображены две скрещивающиеся прямые общего положения: хотя одноименные проекции и пересекаются между собой, но точки их пересечения не могут быть соединены линией связи, параллельной линиям связи $L''L'$ и $M''M'$, т. е. эти прямые не пересекаются между собой. Прямые, изображенные на рисунках 92, 93 и 97, также скрещивающиеся.

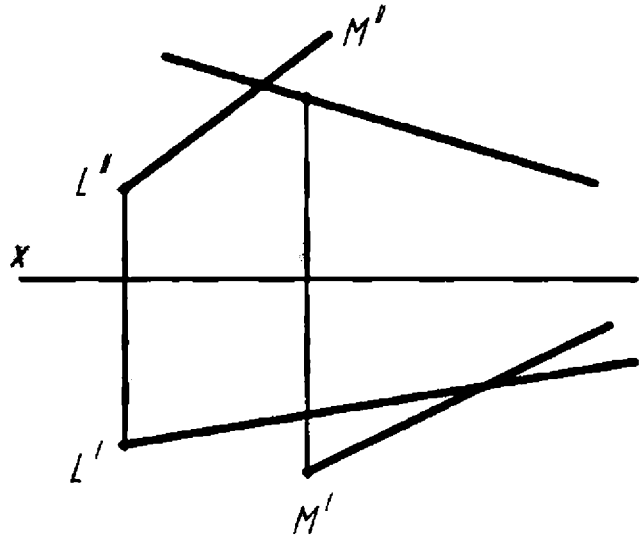


Рисунок 99

Как надо рассматривать точку пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых? Она представляет собой проекции двух точек, из которых одна принадлежит первой, а другая — второй из этих скрещивающихся прямых. Например, на рисунке 100 точка с проекциями K'' и K' принадлежит прямой AB, а точка с проекциями L'' и L' принадлежит прямой CD. Эти точки одинаково удалены от плоскости

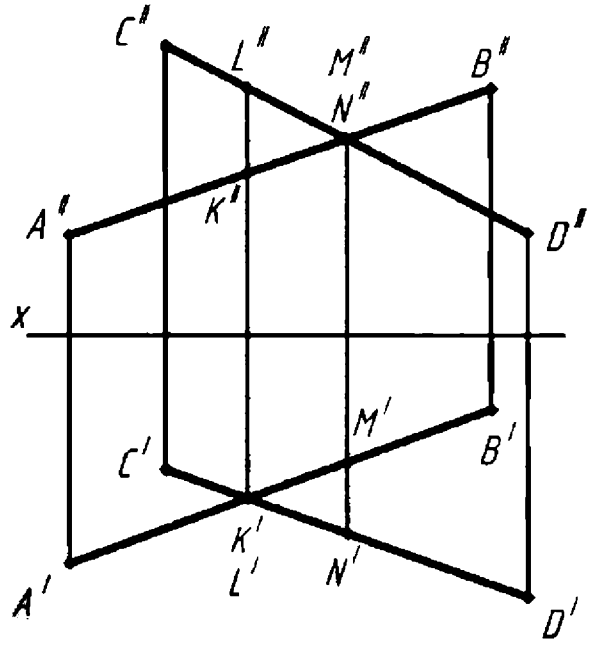


Рисунок 100

π_2, но расстояния их от плоскости π_1, различны: точка с проекциями L'' и L' дальше от π_1, чем точка с проекциями K'' и K'.

Точки с проекциями M'', M' и N'', N' одинаково удалены от плоскости π_1, но расстояния этих точек от плоскости π_2 различны: точка с проекциями N'' и N' дальше от π_2, чем точка с проекциями M'' и M'. Точка с проекциями M'' и M' принадлежит прямой AB, а точка с проекциями N'' и N' принадлежит прямой CD.

2.13 О проекциях плоских углов

Отрезки прямых линий расположены под углом к плоскостям проекций.

Угол прямой линии с плоскостью проекций определяется как острый угол между этой прямой и ее проекцией на данную плоскость. Например, отрезок фронтальной линии AB (рисунок 101) составляет угол φ с горизонтальной плоскостью проекций π_1. Следовательно, *если прямая имеет какую-либо проекцию, равную действительной ее длине, то на комплексном чертеже угол между проекцией этой прямой и плоскостью проекций будет действительным углом.*

1 Если плоскость, в которой расположен некоторый угол, перпендикулярна к плоскости проекций, то он проецируется на эту плоскость проекций в виде прямой линии.

2 Если плоскость прямого угла не перпендикулярна к плоскости проекций и хотя бы одна его сторона параллельна этой плоскости, то прямой угол проецируется на нее в виде прямого же угла.

Положим, что сторона CB прямого угла ACB (рисунок 102) параллельна плоскости проекций.

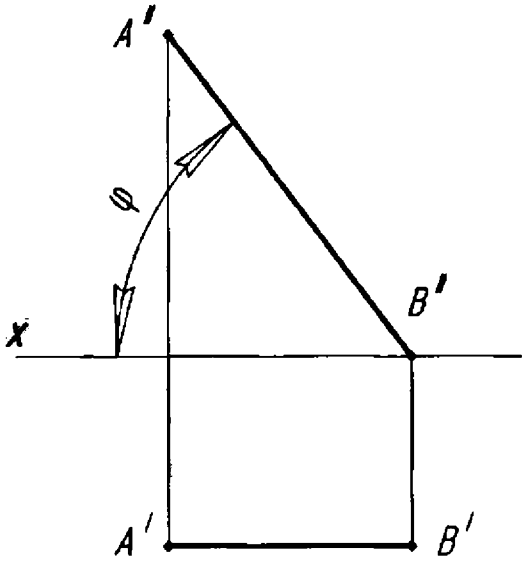


Рисунок 101

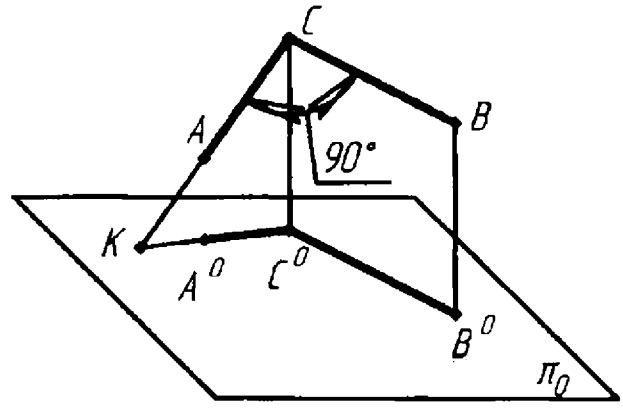


Рисунок 102

В таком случае прямая CB параллельна C^0B^0. Пусть вторая сторона (AC) прямого угла пересекает свою проекцию A^0C^0 в точке K. Согласно теореме о трех перпендикулярах угол $A^0C^0B^0$ — прямой.

Этой теореме о проецировании прямого угла соответствуют две обратные.

3 Если проекция плоского угла представляет собой прямой угол, то проецируемый угол будет прямым лишь при условии, что, по крайней мере, одна из сторон этого угла параллельна плоскости проекции.

4 Если проекция некоторого угла, у которого одна сторона параллельна плоскости проекций, представляет собой прямой угол, то проецируемый угол тоже прямой.

На основании изложенного можно установить, что углы, изображенные на рисунке 103, в пространстве прямые.

В каком случае проекции прямого угла на двух плоскостях проекций представляют собой прямые углы? Это бывает, когда одна сторона

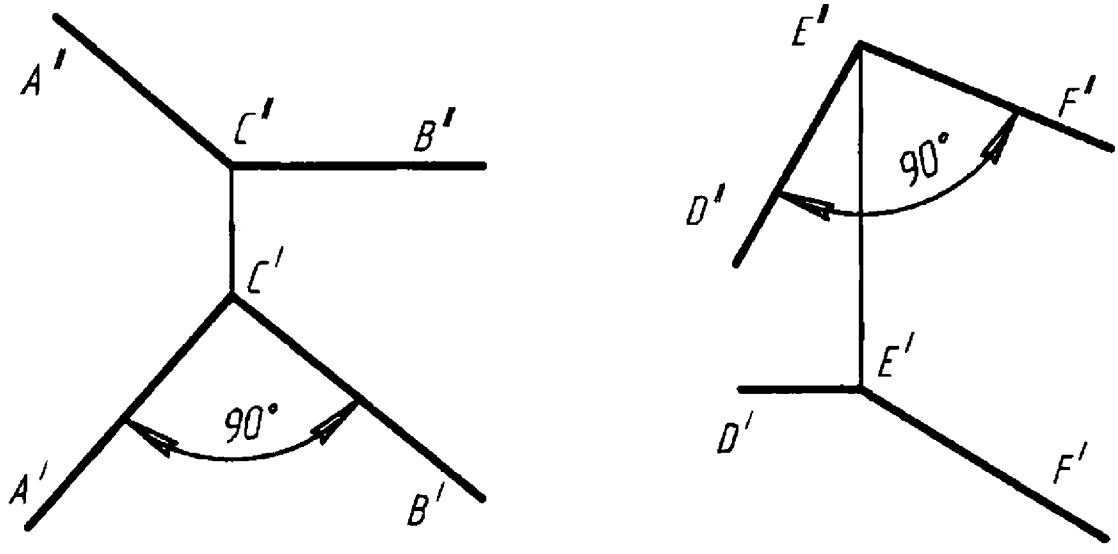


Рисунок 103

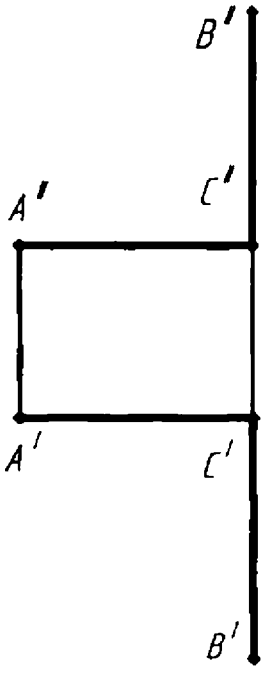


Рисунок 104

прямого угла перпендикулярна к третьей плоскости проекций (тогда другая его сторона параллельна этой плоскости). Пример дан на рисунке 104: сторона AC перпендикулярна к π_3, сторона BC параллельна π_3.

5 Если плоскость тупого или острого угла не перпендикулярна к плоскости проекций и хотя бы одна сторона угла параллельна плоскости проекций, то проекция тупого угла на эту плоскость представляет собой тупой угол, а проекция острого угла — острый угол.

6 Если обе стороны любого угла параллельны плоскости проекций, то его проекция равна по величине проецируемому углу.

7 Если стороны угла параллельны плоскости проекций или одинаково наклонены к ней, то деление проекции угла на этой плоскости пополам соответствует делению пополам и самого угла в пространстве.

8 Деление угла в пространстве пополам соответствует делению пополам и его проекции только при условии, что стороны угла составляют с плоскостью проекции равные углы.

9 Если стороны угла одинаково наклонены к плоскости проекций, то угол-проекция не может равняться проецируемому углу.

10 Проекции острого и тупого углов могут равняться проецируемому углу не только при условии параллельности сторон угла плоскости проекций.

Вопросы для самопроверки

1. При каком положении относительно плоскостей проекций прямая называется прямой общего положения?
2. Как построить профильную проекцию отрезка прямой общего положения по данным фронтальной и горизонтальной проекциям?
3. Как располагается фронтальная проекция отрезка прямой линии, если его горизонтальная проекция равна самому отрезку?
4. Как располагается горизонтальная проекция отрезка прямой линии, если его фронтальная проекция равна самому отрезку?
5. Как разделить на чертеже отрезок прямой линии в заданном отношении?
6. Что называется следом прямой линии на плоскости проекций?
7. Где располагается горизонтальная проекция фронтального следа прямой линии?
8. Где располагается фронтальная проекция горизонтального следа прямой линии?
9. Как изображаются в системе π_1, π_2 две пересекающиеся прямые линии?
10. Как следует истолковывать точку пересечения проекций двух скрещивающихся прямых?
11. В каком случае прямой угол проецируется в виде прямого угла?

2.14 Проецирование плоских фигур. Способы задания плоскости на чертеже

***Плоскостью** называется поверхность, образуемая движением прямой линии, которая движется параллельно самой себе по неподвижной направляющей прямой* (рисунок 71, плоскость α).

Положение плоскости в пространстве определяется:

— тремя точками, не лежащими на одной прямой линии;

— прямой и точкой, взятой вне прямой;

— двумя пересекающимися прямыми;

— двумя параллельными прямыми.

В соответствии с этим на чертеже плоскость может быть задана:

— проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (рисунок 105);

— проекциями прямой и точки, взятой вне прямой (рисунок 106);

— проекциями двух пересекающихся прямых (рисунок 107);

— проекциями двух параллельных прямых (рисунок 108).

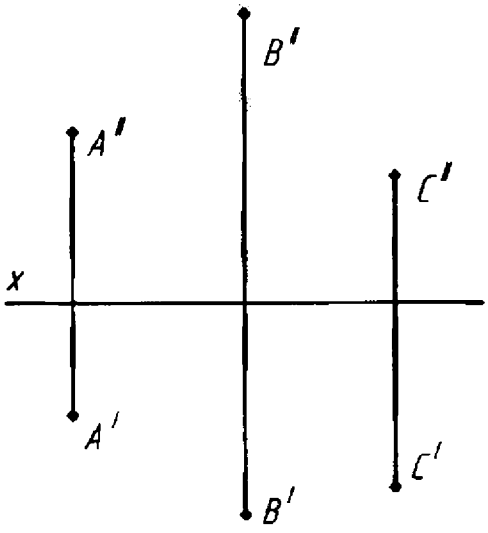


Рисунок 105

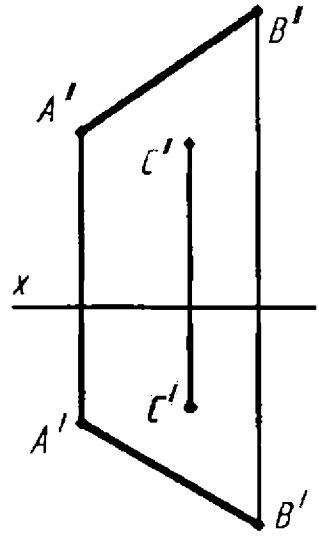


Рисунок 106

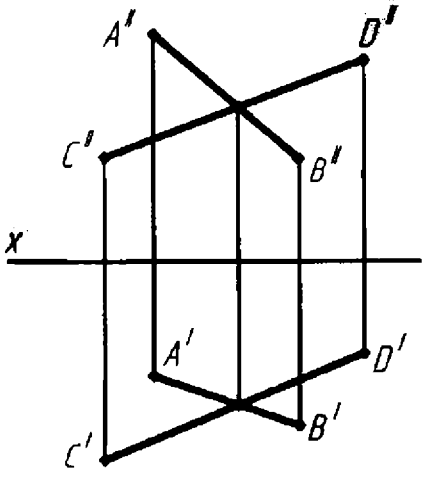


Рисунок 107

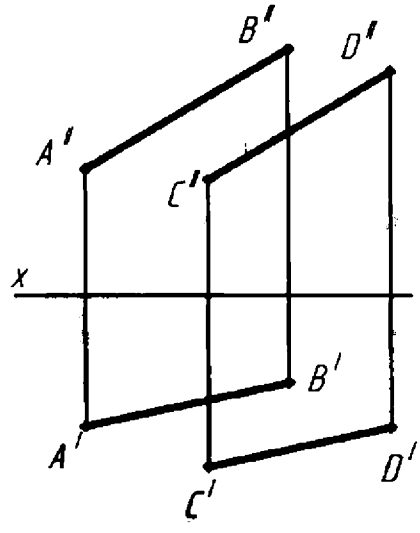


Рисунок 108

Каждое из представленных на рисунках 105—108 заданий плоскости может быть преобразовано в другое из них. Например, проведя через точки A и B (рисунок 105) прямую, мы получим задание плоскости, представленное на рисунке 106; от него мы можем перейти к рисунку 108, если через точку C проведем прямую, параллельную прямой AB.

Плоскость может быть задана на чертеже и проекциями любой плоской фигуры (треугольника, квадрата, круга и т. д.). Пусть некоторая плоскость α определена точками A, B и C (рисунок 109). Проведя прямые линии через одноименные проекции этих точек, получим проекции треугольника ABC.

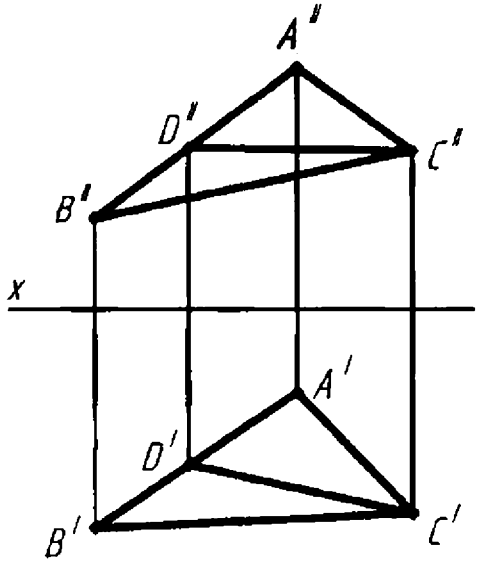


Рисунок 109

Точка D, взятая на прямой AB, тем самым принадлежит плоскости α; проводя прямую через точку D и через другую точку, заведомо принадлежащую плоскости α (например, через точку C), получаем еще одну прямую в плоскости α.

Аналогично могут быть построены прямые, а следовательно, и точки, принадлежащие плоскости, заданной любым из перечисленных выше способов.

2.15 Следы плоскости

Более наглядно плоскость может быть изображена при помощи прямых, по которым она пересекает плоскости проекций. На рисунке 110 дан пример построения таких прямых для случая, когда некоторая плоскость β задана двумя пересекающимися прямыми AB и CB.

Для построения прямой, по которой плоскость β пересечет плоскость π_1, достаточно построить две точки, принадлежащие одновременно плоскостям β и π_1.

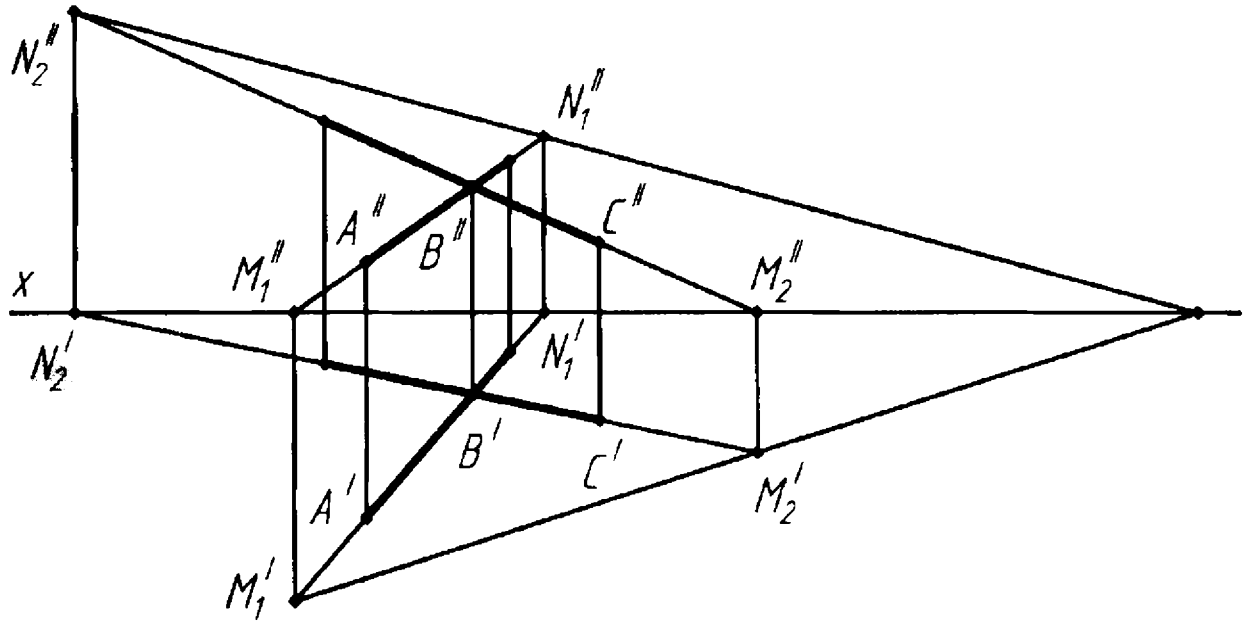


Рисунок 110

Такими точками служат следы прямых AB и CB на плоскость π_1, т. е. точки пересечения этих прямых с плоскостью π_1. Построив проекции этих следов и проведя через точки M_1' и M_2' прямую, получим горизонтальную проекцию линии пересечения плоскостей β и π_1.

Линия пересечения плоскостей β и π_2 определяется фронтальными следами прямых AB и CB.

Прямые, по которым некоторая плоскость пересекает плоскости проекций, называются ***следами*** *этой плоскости на плоскостях проекций.*

На рисунке 111 изображены построенные следы плоскости β.

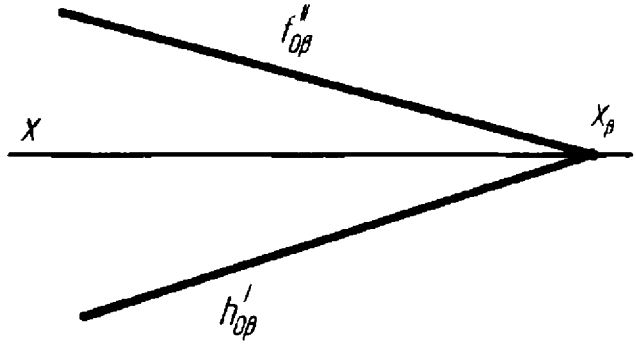


Рисунок 111

Плоскость β пересекает горизонтальную плоскость проекций по прямой, обозначенной $h_{0\beta}'$ и фронтальную плоскость — по прямой $f_{0\beta}''$. Прямая $h_{0\beta}'$ называется *горизонтальным следом* плоскости, прямая $f_{0\beta}''$ — *фронтальным следом* плоскости.

Если плоскость пересекает ось проекций, то на этой оси получается точка пересечения следов плоскости. Так, на рисунке 111 следы $h_{0\beta}'$ и $f_{0\beta}''$ пересекаются на оси x в точке, обозначенной X_β.

След плоскости на плоскости проекций сливается со своей проекцией на этой плоскости. След $h_{0\beta}' \equiv h_{0\beta}$ (рисунок 111) сливается со своей горизонтальной проекцией; фронтальная проекция этого следа распола-

гается на оси проекций. След $f''_{0\beta} \equiv f_{0\beta}$ сливается со своей фронтальной проекцией; горизонтальная проекция этого следа располагается на оси проекций.

На чертеже можно ограничиться обозначением только самих следов (рисунок 111). Такой чертеж нагляден и представляет удобства при некоторых построениях.

При построении следов плоскости точка их пересечения может быть использована для проверки построения: оба следа должны пересекаться между собой в точке на оси проекций (рисунки 110 и 111).

Угол между следами на чертеже не равен углу, образованному следами плоскости в пространстве. Действительно, в пересечении следов находится вершина трехгранного угла, две грани которого совпадают с плоскостями проекций (рисунок 111). Но сумма двух плоских углов трехгранного угла больше третьего плоского угла. Поэтому угол, образованный следами на чертеже, всегда больше угла между этими следами в пространстве.

2.16 Проекции точки и прямой, расположенных на плоскости

Как построить на чертеже прямую линию, лежащую в заданной плоскости? Это построение основано на двух положениях, известных из геометрии:

- прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие данной плоскости;
- прямая принадлежит плоскости, если она проходит через точку, принадлежащую данной плоскости, и параллельна прямой, находящейся в этой плоскости.

Отсюда вытекает, что если плоскость задана следами, *то прямая принадлежит плоскости, если следы прямой находятся на одноименных с ними следах плоскости* (рисунок 112) или *если она параллельна одному из следов этой плоскости и имеет с другим следом общую точку* (рисунок 113).

Как построить на чертеже точку, лежащую в заданной плоскости? Для того чтобы сделать это, *предварительно строят прямую, лежащую в заданной плоскости, и на этой прямой берут точку.*

Например, требуется найти фронтальную проекцию точки D, если задана ее горизонтальная проекция D' и известно, что точка D должна лежать в плоскости, определяемой треугольником ABC (рисунок 114).

Сначала строят горизонтальную проекцию некоторой прямой так, чтобы точка D могла оказаться на этой прямой, а последняя была бы расположена в данной плоскости. Для этого проводят прямую через точки A' и D' и отмечают точку M', в которой прямая $A'D'$ пересекает отрезок $B'C'$. Построив фронтальную проекцию M'' на $B''C''$, получа-

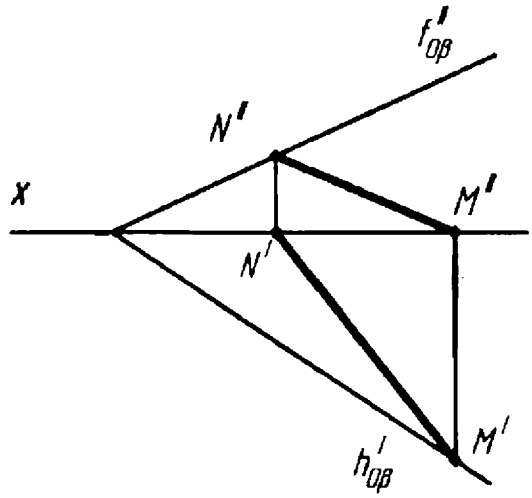


Рисунок 112

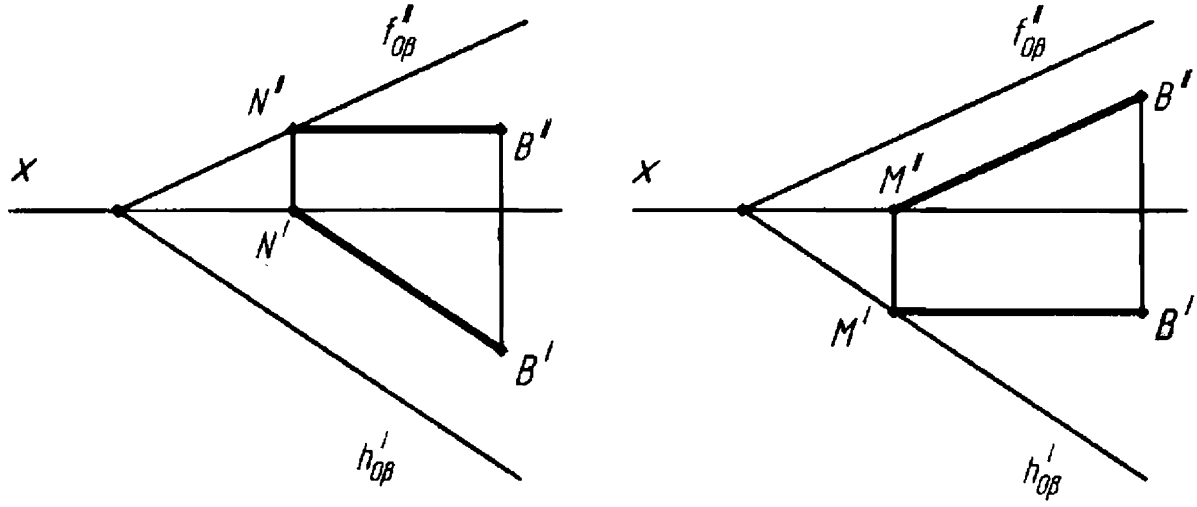


Рисунок 113

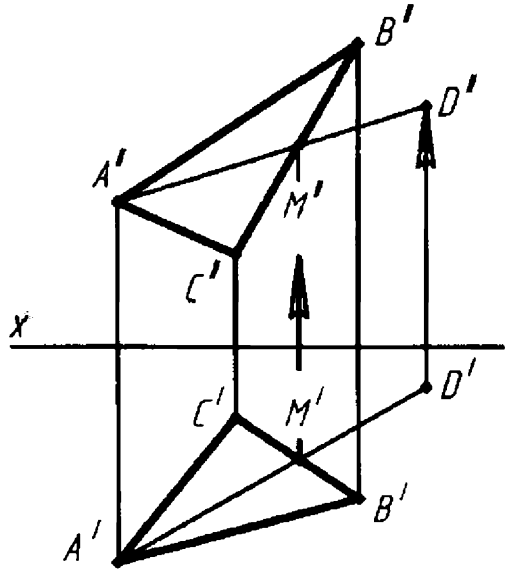


Рисунок 114

ют прямую AM, расположенную в данной плоскости: эта прямая проходит через точки A и M, из которых первая заведомо принадлежит данной плоскости, а вторая в ней построена.

Искомая фронтальная проекция D'' точки D должна быть на фронтальной проекции прямой AM.

К числу прямых, занимающих особое положение в плоскости, отнесем ***горизонтали*** и ***фронтали***.

Горизонталями плоскости *называются прямые, лежащие в ней и параллельные горизонтальной плоскости проекций.*

Построим горизонталь плоскости, заданной треугольником ABC. Требуется провести горизонталь через вершину A (рисунок 115).

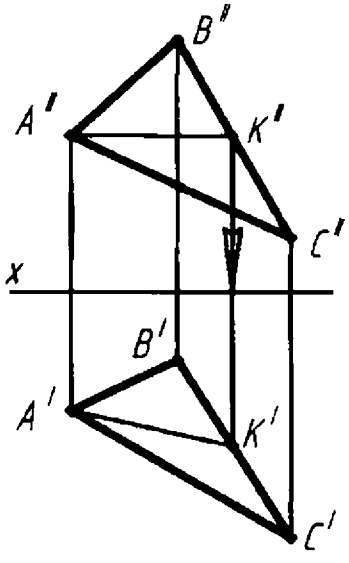


Рисунок 115

Так как горизонталь плоскости есть прямая, параллельная плоскости π_1, то фронтальную проекцию этой прямой получим, проведя $A''K'' \perp A''A'$. Для построения горизонтальной проекции этой горизонтали строим точку K' и проводим прямую через точки A' и K'.

Построенная прямая AK действительно является горизонталью данной плоскости: эта прямая лежит в плоскости, так как проходит через две точки, заведомо ей принадлежащие, и параллельна плоскости проекций π_1.

Теперь рассмотрим построение горизонтали плоскости, заданной следами.

Горизонтальный след плоскости есть одна из ее горизонталей («нулевая» горизонталь). Поэтому построение какой-либо из горизонталей плоскости сводится к проведению в этой плоскости прямой, параллельной горизонтальному следу плоскости (рисунок 113, слева). Горизонтальная проекция горизонтали параллельна горизонтальному следу плоскости; фронтальная проекция горизонтали параллельна оси проекций.

Фронталями плоскости *называются прямые, лежащие в ней и параллельные плоскости проекций* π_2.

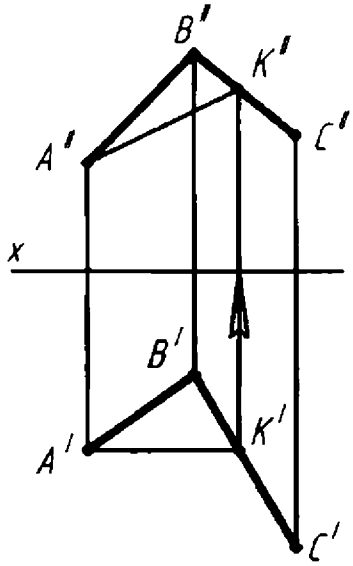


Рисунок 116

Пример построения фронтали в плоскости дан на рисунке 116. Построение выполнено аналогично построению горизонтали (рисунок 115).

Пусть фронталь проходит через точку A (рисунок 116). Начинаем построение с проведения горизонтальной проекции фронтали — прямой $A'K'$, так как направление этой проекции известно: $A'K' \perp A''A'$. Затем строим фронтальную проекцию фронтали — прямую $A''K''$.

Построенная прямая действительно является фронталью данной плоскости: эта прямая лежит в плоскости, так как проходит через две точки, заведомо ей принадлежащие, и параллельна плоскости π_2.

Построим теперь фронталь плоскости, заданной следами. Рассматривая рисунок 113, справа, на котором изображена плоскость β и прямая *MB*, устанавливаем, что эта прямая — фронталь плоскости. Действительно, она параллельна фронтальному следу («нулевой» фронтали) плоскости. Горизонтальная проекция фронтали параллельна оси *x*, фронтальная проекция фронтали параллельна фронтальному следу плоскости.

На рисунке 117, слева по данной фронтальной проекции A'' точки *A*, принадлежащей плоскости β, найдена ее горизонтальная проекция A'; построение произведено при помощи горизонтали *EK*. На рисунке 117, справа аналогичная задача решена при помощи фронтали *MN*.

Рассмотрим случай о принадлежности прямой плоскости, если плоскость задана треугольником *ABC*, а прямая задана отрезком *MN* (рисунок 118).

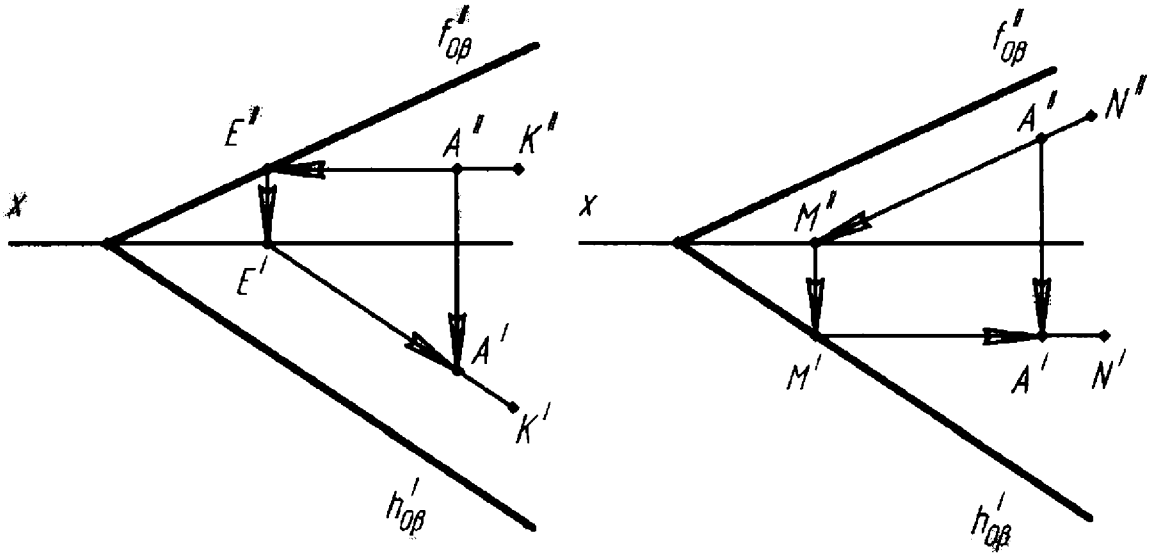


Рисунок 117

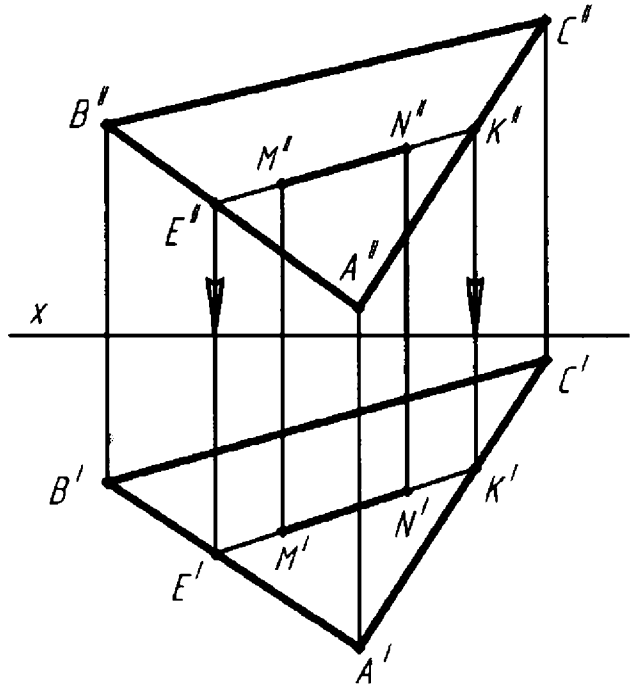


Рисунок 118

Треугольник ABC и отрезок MN заданы своими горизонтальными и фронтальными проекциями. Требуется определить, лежит ли прямая в плоскости заданного треугольника.

Для этого фронтальную проекцию отрезка $M''N''$ продолжаем до пересечения с отрезками $A''B''$ и $A''C''$ (проекциями сторон треугольника ABC), получаем точки E'' и K''. Из точек E'' и K'' проводим линии связи на горизонтальную проекцию до пересечения с отрезками $A'B'$ и $A'C'$, получаем точки E' и K'. Продолжим горизонтальную проекцию $M'N'$ отрезка MN до пересечения с проекциями сторон $A'B'$ и $A'C'$. Если точки пересечения совпадут с ранее полученными точками E' и K', то прямая MN принадлежит плоскости треугольника.

2.17 Положение плоскости относительно плоскостей проекций

Возможны следующие положения плоскости относительно плоскостей проекций π_1, π_2, π_3:

— *плоскость не перпендикулярна ни к одной из плоскостей проекций*;

— *плоскость перпендикулярна лишь к одной из них*;

— *плоскость перпендикулярна к двум плоскостям проекций.*

Плоскости второго и третьего положений носят общее название «проецирующие плоскости».

1 *Плоскость, не перпендикулярная ни к одной из плоскостей проекций, является* ***плоскостью общего положения*** (рисунок 119).

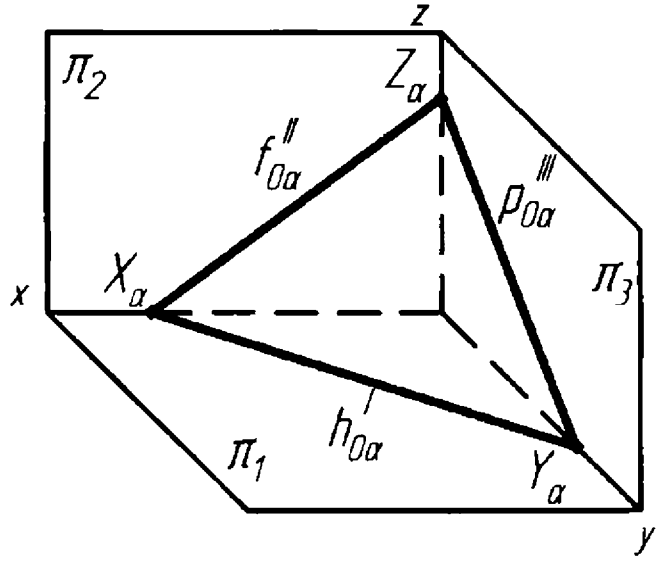


Рисунок 119

Рассмотрим, например, плоскость, изображенную на рисунке 115.

Эта плоскость не перпендикулярна ни к π_1, ни к π_2, ни к π_3. То, что она не перпендикулярна ни к π_1, ни к π_2, подтверждается видом проек-

ций $A'B'C'$ и $A''B''C''$: если бы плоскость, определяемая треугольником ABC, была перпендикулярна хотя бы к π_1, то проекция $A'B'C'$ представляла бы собой отрезок прямой.

Итак, рассматриваемая нами плоскость не перпендикулярна ни к π_1, ни к π_2. Но, может быть, эта плоскость перпендикулярна к π_3? Нет, горизонталь этой плоскости AK не перпендикулярна к π_3 и, следовательно, плоскость ABC не перпендикулярна к π_3.

Итак, на рисунке 115 дан пример задания плоскости общего положения в системе π_1, π_2.

Другими примерами задания плоскости общего положения служат рисунки 110—114, 116, 117. *Плоскость общего положения* (рисунок 119) *пересекает каждую из осей x, y, z. Следы плоскости общего положения никогда не перпендикулярны к этим осям проекций.*

2 Если плоскости перпендикулярны лишь к одной из плоскостей проекций, то возможны три случая частных положений.

а) *Плоскость перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций.* Такие плоскости называются ***горизонтально-проецирующими.***

Пример дан на рисунке 120: плоскость задана проекциями треугольника ABC. Горизонтальная проекция представляет собой отрезок прямой линии. Угол φ_2 равен углу между заданной плоскостью и плоскостью π_2.

На рисунке 120 справа дан пример изображения горизонтально-проецирующей плоскости ее следами.

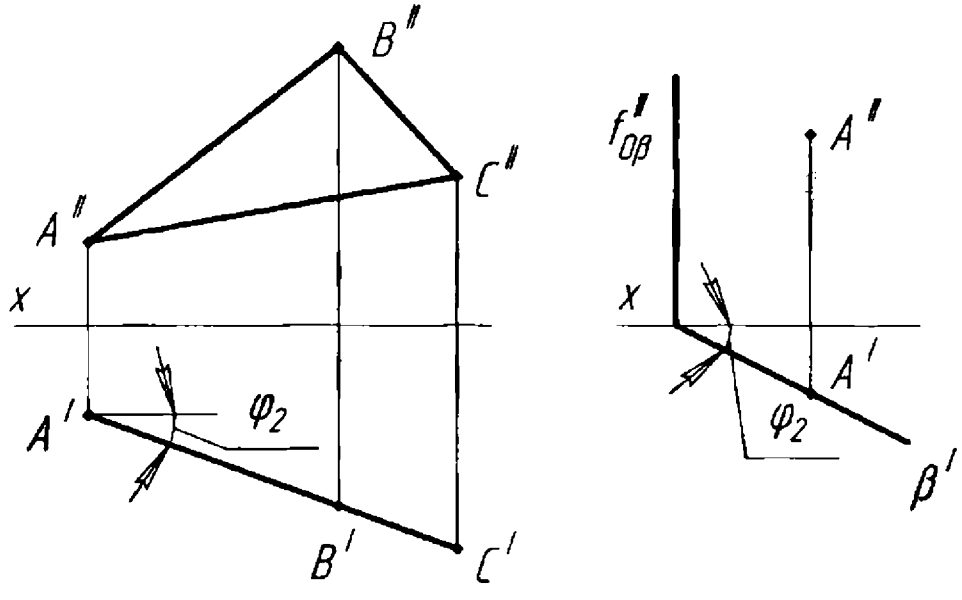


Рисунок 120

Фронтальный след перпендикулярен к плоскости π_1 и к оси проекций x. Горизонтальный же след может составлять с осью проекций любой угол; этот угол служит линейным углом двугранного между горизонтально-проецирующей плоскостью и плоскостью π_2.

Если в горизонтально-проецирующей плоскости расположена точка A, то ее горизонтальная проекция должна быть на горизонтальном следе плоскости. Это относится и к любой системе точек, расположенных в горизонтально-проецирующей плоскости, будь то прямые линии, плоские кривые или фигуры.

След $h_{0\beta} \equiv \beta'$ можно рассматривать как горизонтальную проекцию плоскости.

б) *Плоскость перпендикулярна к фронтальной плоскости проекций.* Такие плоскости называются ***фронтально-проецирующими.***

Пример дан на рисунке 121: плоскость задана проекциями треугольника DEF. Фронтальная проекция представляет собой отрезок прямой линии. Угол φ_1, равен углу между EFD и плоскостью π_1.

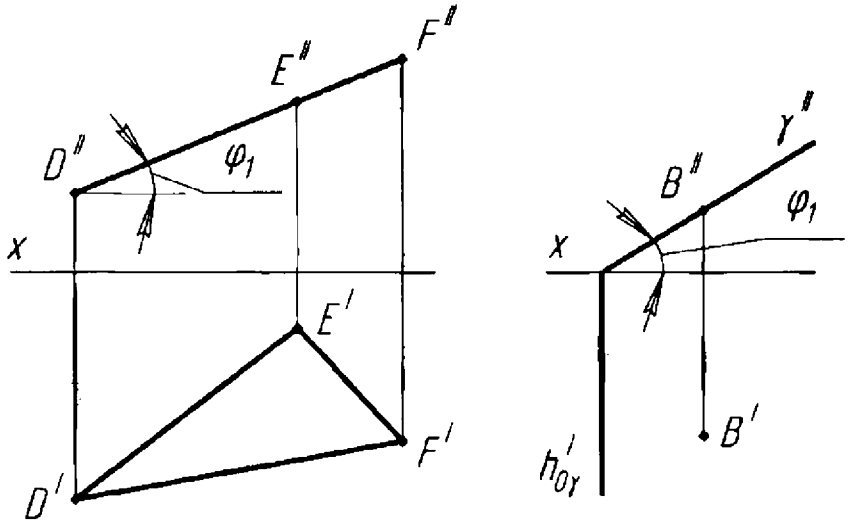


Рисунок 121

На рисунке 121, справа дано изображение — чертеж в системе π_1, π_2 с указанием оси проекций. Горизонтальный след перпендикулярен к плоскости π_2 и к оси проекций. Фронтальный же след может составлять с осью проекций любой угол; этот угол служит линейным углом двугранного между фронтально-проецирующей плоскостью и плоскостью π_2.

Если в фронтально-проецирующей плоскости расположена точка B, то ее фронтальная проекция должна быть на фронтальном следе плоскости. Это относится и к любой системе точек. След $f_{0\gamma} \equiv \gamma''$ можно рассматривать как фронтальную проекцию плоскости γ.

в) *Плоскость перпендикулярна к профильной плоскости проекций.* Такие плоскости называются ***профильно-проецирующими.***

На рисунке 122 дан пример профильно-проецирующей плоскости: плоскость задана проекциями треугольника ABC. Горизонталь этой плоскости расположена перпендикулярно к плоскости π_3: проекции $A''D''$ и $A'D'$ взаимно параллельны. Это служит признаком того, что перед нами профильно-проецирующая плоскость, а не плоскость общего положения (сравните с рисунком 115).

Профильная проекция треугольника ABC представляет собой отрезок прямой линии. Угол φ_1 между этим отрезком и линией связи $C''C'''$ равен углу наклона плоскости треугольника к плоскости π_1.

На рисунке 122 справа дан пример изображения профильно-проецирующей плоскости ее следами.

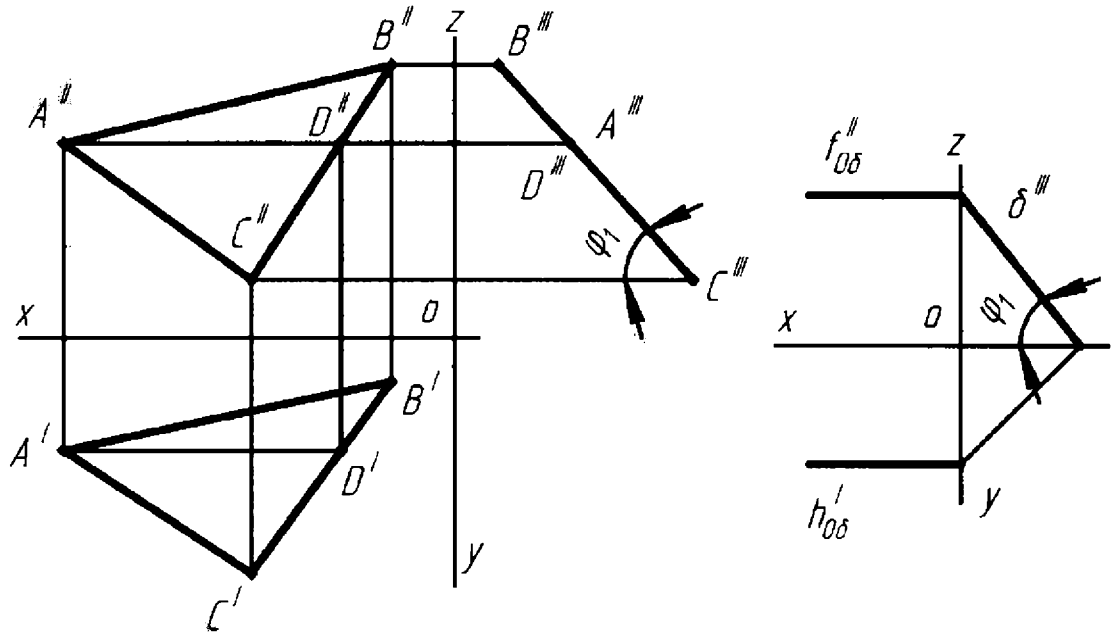


Рисунок 122

Горизонтальный и фронтальный следы этой плоскости параллельны оси x и, следовательно, параллельны между собой.

3 Если плоскости перпендикулярны к двум плоскостям проекций, то также возможны три случая частных положений.

а) *Плоскость перпендикулярна к плоскостям* π_2 *и* π_3, *т. е. параллельна плоскости* π_1. Такие плоскости называются ***горизонтальными***.

На рисунке 123 слева дан пример горизонтальной плоскости, заданной проекциями треугольника ABC. На рисунке 123 справа изображена

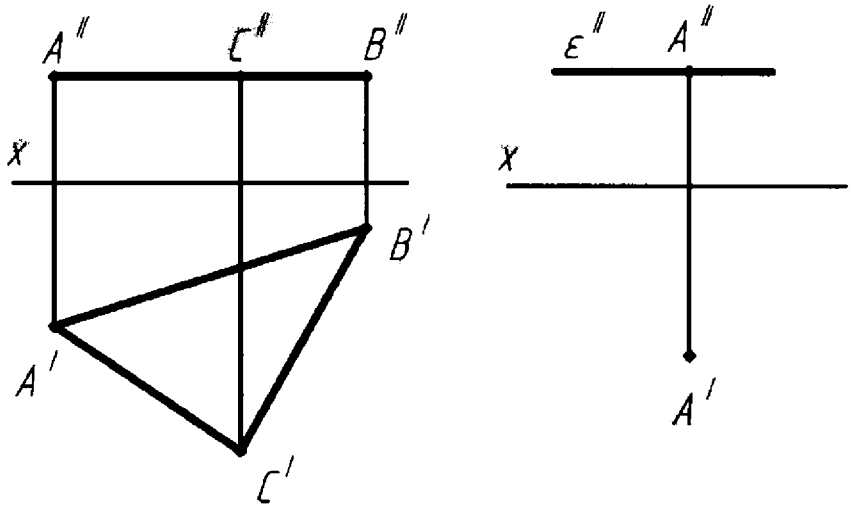


Рисунок 123

горизонтальная плоскость в системе π_1, π_2 при помощи фронтального следа. След ($f_{0\varepsilon} \equiv \varepsilon''$) можно рассматривать как фронтальную проекцию плоскости.

б) *Плоскость перпендикулярна к плоскостям* π_1 *и* π_3, *т. е. параллельна плоскости* π_2. Такие плоскости называются ***фронтальными***.

На рисунке 124, слева дан пример фронтальной плоскости, заданной проекциями треугольника *CDE*.

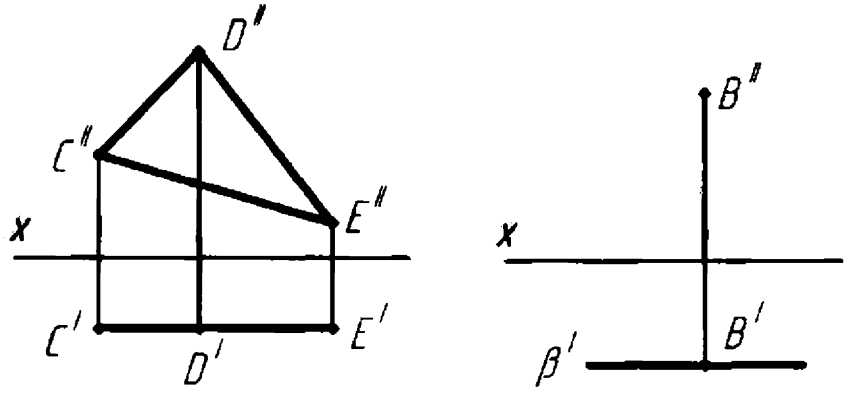


Рисунок 124

На рисунке 124 справа дан пример изображения фронтальной плоскости в системе π_1, π_2 при помощи следа ($h_{0\beta} \equiv \beta'$), который можно рассматривать как проекцию этой плоскости на плоскость π_1.

в) *Плоскость перпендикулярна к плоскостям* π_1 *и* π_2, *т. е. параллельна плоскости* π_3. Такие плоскости называются ***профильными***.

Пример изображения в системе π_2, π_3 дан на рисунке 125 слева: плоскость задана проекциями треугольника *EGF*.

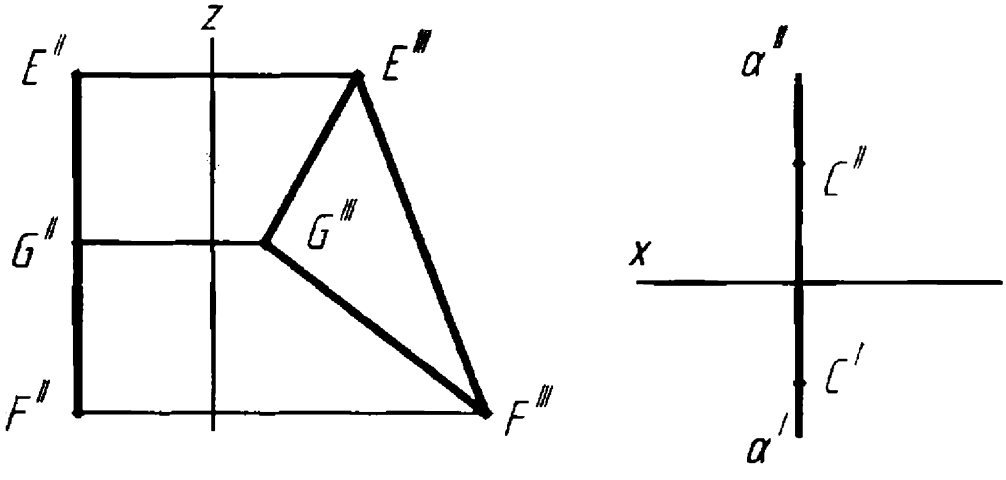


Рисунок 125

На рисунке 125 справа дан пример изображения в системе π_2, π_3 при помощи следов. Каждый из них можно рассматривать как проекцию плоскости α на соответствующей плоскости проекций. Профильная плоскость сочетает в себе свойства фронтально- и горизонтально-проецирующей плоскостей.

2.18 Проведение проецирующей плоскости через прямую линию

Часто при построении изображений приходится проводить проецирующую плоскость через прямую линию согласно какому-либо условию. Через прямую общего положения можно провести любую из таких плоскостей. Примеры даны на рисунке 126.

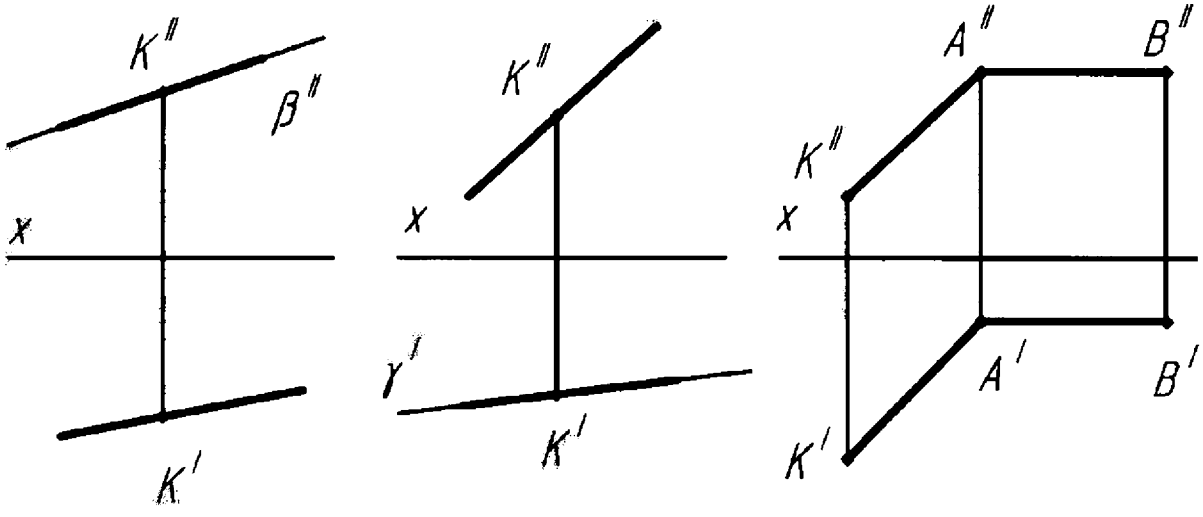


Рисунок 126

Через заданную в системе π_1, π_2 прямую, проходящую через точку K, проведены фронтально-проецирующая плоскость, выраженная ее фронтальной проекцией β'', горизонтально-проецирующая плоскость, выраженная ее горизонтальной проекцией γ' и профильно-проецирующая плоскость, определяемая, помимо заданной прямой AK, еще прямой AB, перпендикулярной к плоскости π_3.

На рисунке 127 плоскости, проведенные через заданную прямую, выражены следами. Положение оси x или задается, или может быть выбрано.

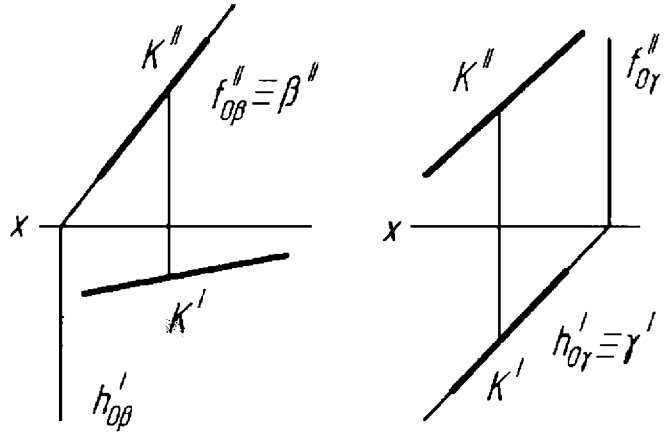


Рисунок 127

Но *через прямую общего положения нельзя провести ни фронтальную, ни горизонтальную, ни профильную плоскость.* Такие плоскости можно проводить лишь через соответственно расположенные прямые: через горизонтальную прямую провести горизонтальную плоскость, через фронтальную прямую — фронтальную плоскость, через профильную прямую — профильную плоскость. На рисунке 128 изображены горизонтальная плоскость β, проходящая через горизонтальную прямую *AB*, и фронтальная плоскость γ, проходящая через фронтальную прямую *CD*.

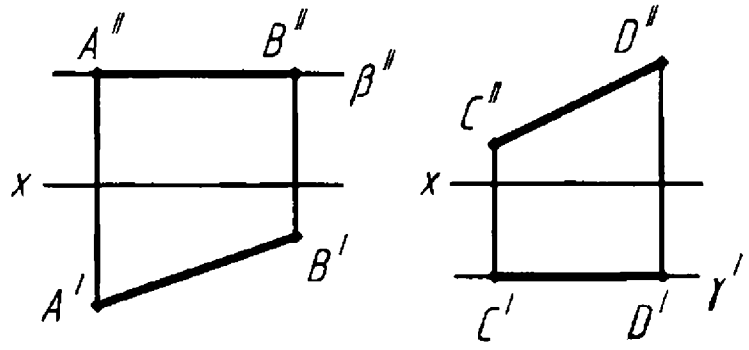


Рисунок 128

2.19 Построение проекций плоских фигур

Построение проекций плоских фигур (т. е. фигур, все точки которых лежат в одной плоскости, например, квадрата, круга, эллипса и т. д.) *сводится к построению проекций ряда точек*, отрезков прямых и кривых линий, образующих контуры проекций фигур. Зная координаты вершин, например, треугольника, можно построить проекции этих точек, затем проекции сторон и получить, таким образом, проекции фигуры.

Чертежи, содержащие проекции треугольника, уже встречались (например, рисунок 114, 115 и др.).

В общем случае в системе π_1, π_2, π_3 проекции какого-либо многоугольника представляют собой также многоугольники с тем же числом сторон; при этом плоскость этого многоугольника является плоскостью общего положения.

Если проекция многоугольника на π_1 или на π_2 представляет собой отрезок прямой, то плоскость этого многоугольника соответственно перпендикулярна к π_1 или к π_2. Например, на рисунке 120 плоскость треугольника горизонтально-проецирующая, на рисунке 121 — фронтально-проецирующая.

Фигура, расположенная параллельно плоскости проекций, проецируется на нее без искажения. Например, все элементы треугольника *CDE*, изображенного на рисунке 124, проецируются на плоскость π_2 без искажения.

2.20 Взаимное положение двух плоскостей, прямой линии и плоскости

Две плоскости могут быть параллельными или пересекаться между собой. Если плоскости α и β параллельны (рисунок 129), *то всегда в каждой из них можно построить по две пересекающиеся между собой прямые линии так, чтобы прямые одной плоскости были соответственно параллельны двум прямым другой плоскости.*

Это служит основным признаком для определения, параллельны плоскости между собой или не параллельны. Такими прямыми могут служить, например, следы обеих плоскостей: *если два пересекающихся между собой следа одной плоскости параллельны одноименным с ними следам другой плоскости, то обе плоскости параллельны между собой* (рисунок 130, где $h'_{0\alpha} \parallel h'_{0\beta}$, $f''_{0\alpha} \parallel f''_{0\beta}$).

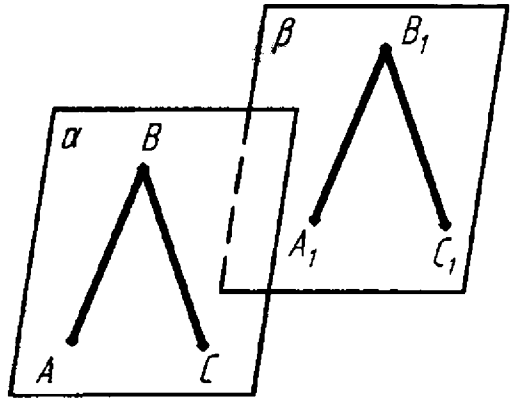


Рисунок 129

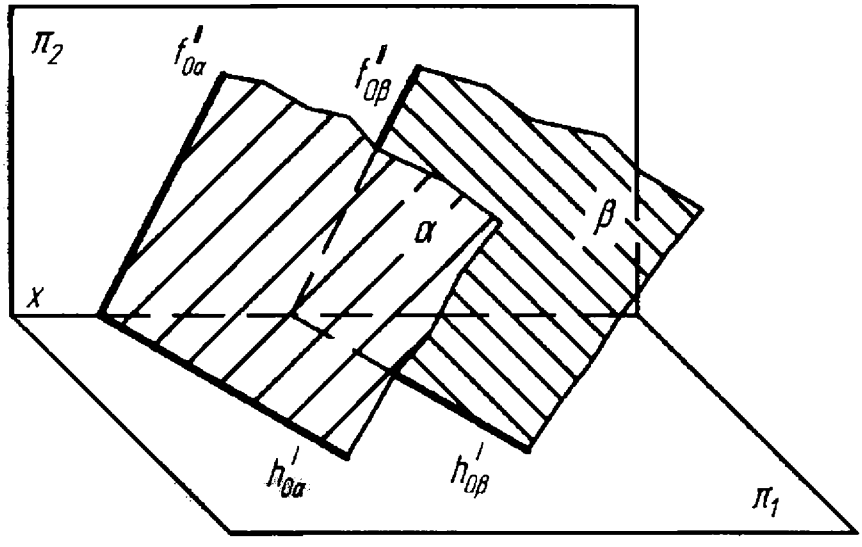


Рисунок 130

В случае задания плоскостей их следами легко установить, что эти плоскости пересекаются: *если хотя бы одна пара одноименных следов пересекается, то плоскости пересекаются.* Так, например, на рисунке 131 $f''_{0\alpha} \parallel f''_{0\beta}$, но β′ и α′ пересекаются: плоскости α и β пересекаются между собой.

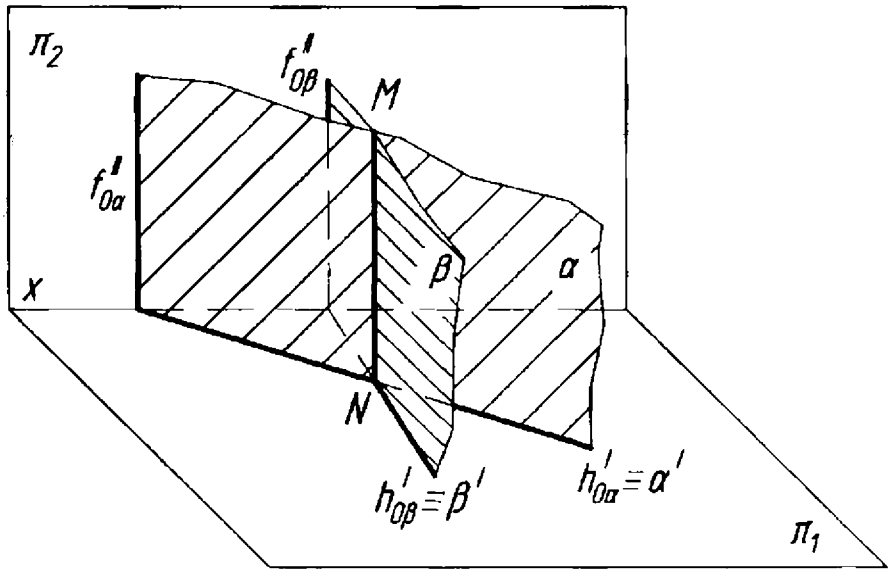


Рисунок 131

Если же плоскости заданы не следами, а каким-либо другим способом, и надо узнать, пересекаются ли эти плоскости, *то вообще следует прибегать к некоторым вспомогательным построениям.* Примеры этих построений будут даны при дальнейшем изложении.

Рассмотрим случаи взаимного положения прямой линии и плоскости. Взаимное положение прямой линии и плоскости в пространстве может быть следующим:

— прямая лежит в плоскости;

— прямая пересекает плоскость;

— прямая параллельна плоскости.

Если на чертеже непосредственно нельзя установить взаимного положения прямой и плоскости, то прибегают к некоторым вспомогательным построениям, в результате которых от вопроса о взаимном положении прямой и плоскости переходят к вопросу о взаимном положении данной прямой и некоторой вспомогательной прямой. Для этого (рисунок 132) проводят через данную прямую *AB* некоторую вспомогательную плоскость α и рассматривают взаимное положение прямой *MN* пересечения плоскостей β и α и прямой *AB*.

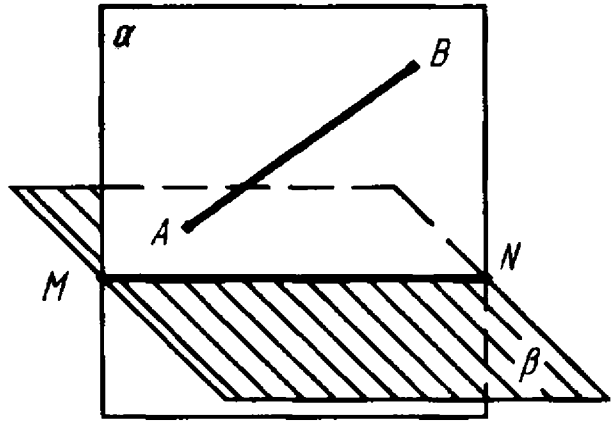


Рисунок 132

При этом возможны три случая:

– прямая MN сливается с прямой AB; это соответствует тому, что прямая AB принадлежит плоскости β;
– прямая MN пересекает прямую AB; это соответствует тому, что прямая AB пересекает плоскость β;
– прямая MN параллельна прямой AB; это соответствует тому, что прямая AB параллельна плоскости β.

Итак, указанный прием определения взаимного положения прямой и плоскости заключается в следующем:

– *через данную прямую проводят вспомогательную плоскость и строят линию пересечения этой плоскости и данной плоскости;*
– *устанавливают взаимное положение данной прямой и прямой пересечения плоскостей; найденное положение определяет взаимное положение данных прямой и плоскости.*

Для решения вопроса о взаимном положении прямой и плоскости мы применили ***способ вспомогательных плоскостей***, которым часто пользуются при построениях, связанных с взаимным расположением различных поверхностей и линий с поверхностями.

Решая ту или иную задачу с применением вспомогательных плоскостей, необходимо выбирать эти плоскости так, чтобы все возникшие при этом построения, были возможно проще и чтобы этих построений было как можно меньше.

2.21 Пересечение прямой линии с плоскостью, перпендикулярной к плоскостям проекций

Плоскость, перпендикулярная к плоскости проекций, проецируется на последнюю в виде прямой линии. На этой прямой (проекции плоскости) должна находиться соответствующая проекция точки, в которой некоторая прямая пересекает такую плоскость.

На рисунке 133 фронтальная проекция K'' точки пересечения прямой AB с треугольником CDE определяется в пересечении проекций $A''B''$ и $C''E''$, так как треугольник проецируется на плоскость π_2 в виде прямой линии. Найдя точку K'', определяем положение проекции K'. Так как прямая AB в направлении от K к B находится под треугольником, то на чертеже часть горизонтальной проекции прямой проведена штриховой линией.

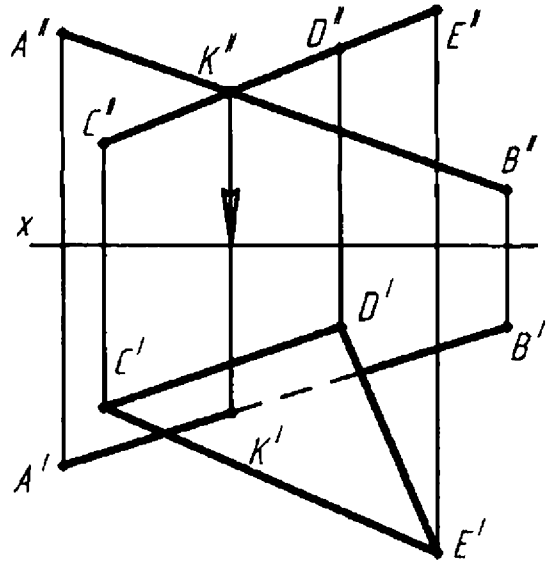


Рисунок 133

2.22 Построение линии пересечения двух плоскостей

Прямая линия, получаемая при взаимном пересечении двух плоскостей, определяется двумя точками, из которых каждая принадлежит обеим плоскостям.

Следовательно, в общем случае *для построения линии пересечения двух плоскостей надо найти какие-либо две точки, каждая из которых принадлежит обеим плоскостям; эти точки определяют линию пересечения плоскостей.*

Для нахождения каждой из таких двух точек обычно приходится выполнять специальные построения. Но если хотя бы одна из пересекающихся плоскостей перпендикулярна к плоскости проекций, то построение проекций линии пересечения упрощается. Начнем с такого случая.

На рисунке 134 показано пересечение двух плоскостей, из которых одна (заданная треугольником DEF) расположена перпендикулярно к плоскости π_2. Так как треугольник DEF проецируется на плоскость π_2 в виде прямой линии ($D''F''$), то фронтальная проекция отрезка прямой, по которому пересекаются оба треугольника, представляет собой отрезок $K_1''K_2''$ на проекции $D''F''$. Дальнейшее построение ясно из чертежа.

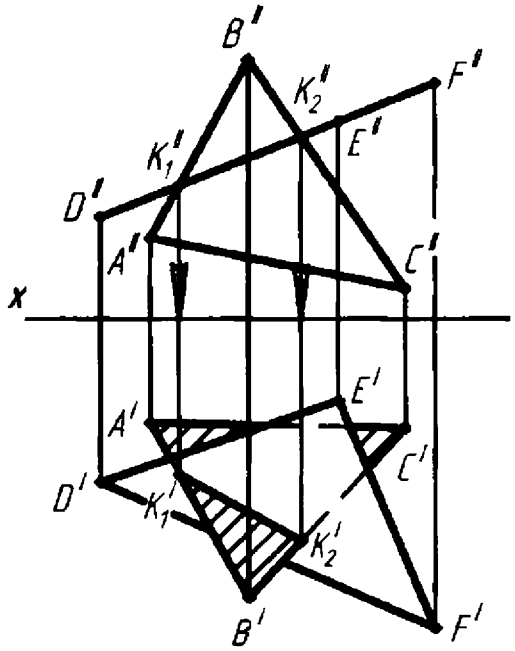


Рисунок 134

Если плоскости заданы их следами на плоскостях проекции, то естественно искать точки, определяющие прямую пересечения плоскостей, в точках пересечения одноименных следов плоскостей (рисунок 135); прямая, проходящая через эти точки, является общей для обеих плоскостей, т. е. их линией пересечения.

Точки пересечения одноименных следов плоскостей являются следами линии пересечения этих плоскостей. Поэтому для построения

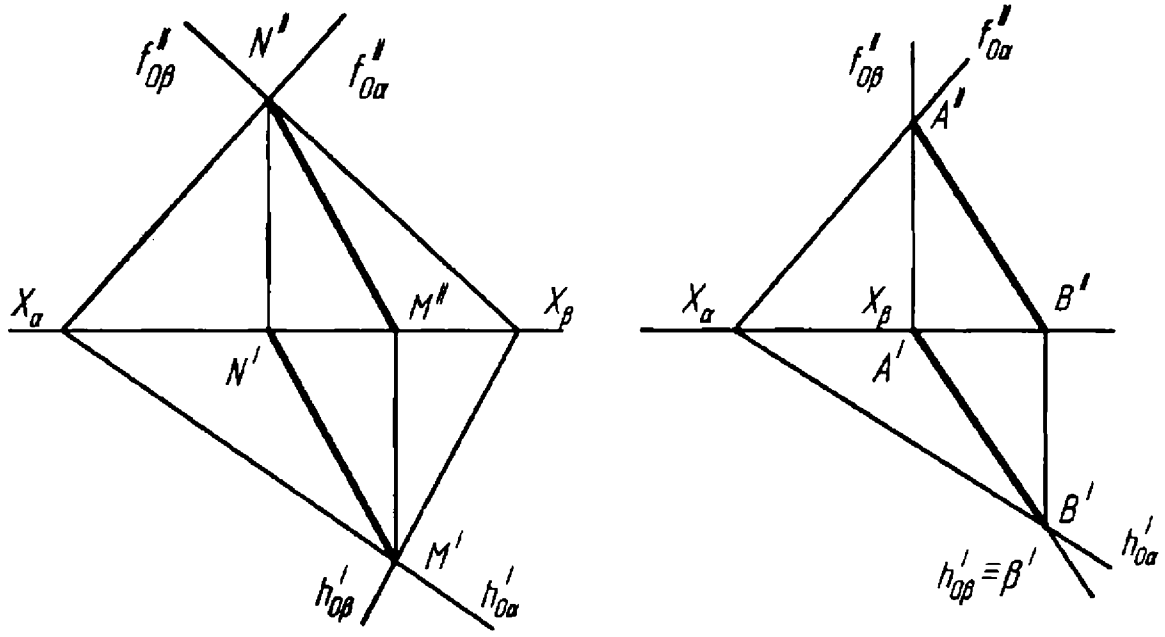


Рисунок 135

проекций линии пересечения плоскостей общего положения α и β (рисунок 135, слева) надо:

– найти точку M' в пересечении следов $h'_{0\alpha}$ и $h'_{0\beta}$ и точку N'' в пересечении $f''_{0\alpha}$ и $f''_{0\beta}$, а по ним — проекции M'' и N';

– провести прямые линии $M''N''$ и $M'N'$.

На рисунке 135, справа показан случай нахождения линии пересечения плоскостей α и β, причем плоскость β — горизонтально-проецирующая плоскость.

На рисунке 136 показаны случаи, когда известно направление линии пересечения. Поэтому достаточно иметь лишь одну точку от пересечения следов и далее провести через эту точку прямую, исходя из положения плоскостей и их следов.

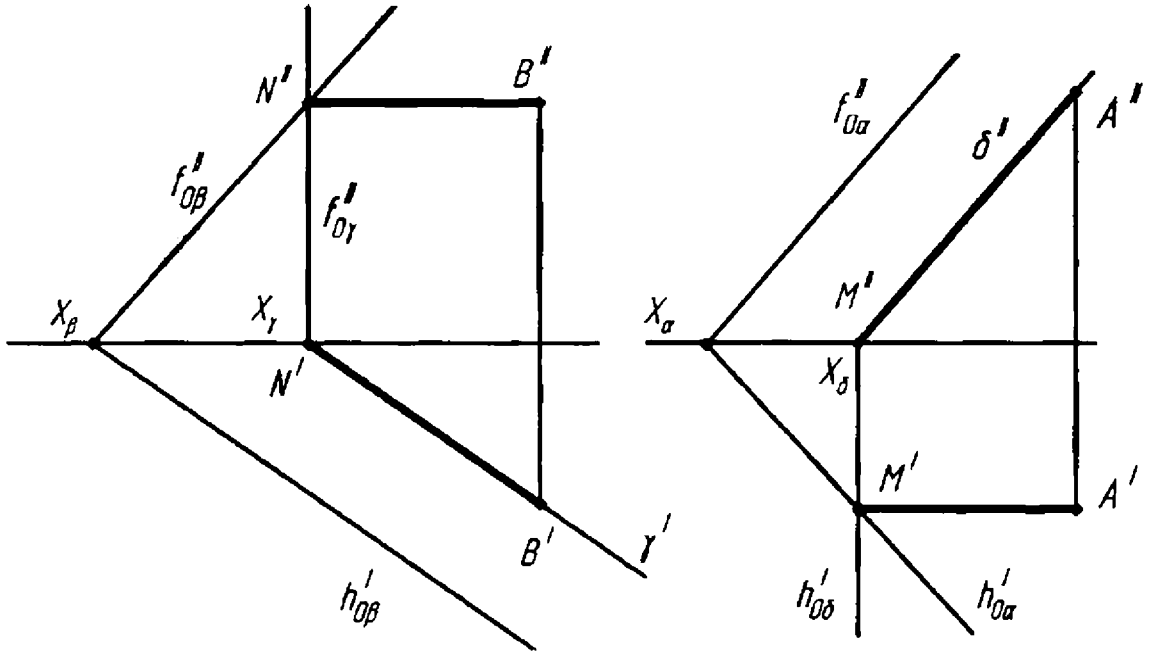


Рисунок 136

2.23 Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения

Для построения точки пересечения прямой с плоскостью общего положения надо выполнить следующее (рисунок 132):

- через данную прямую (*AB*) провести некоторую вспомогательную плоскость (α),
- построить прямую (*MN*) пересечения плоскости данной (β) и вспомогательной (α),
- определить положение точки (*K*) пересечения прямых — данной (*AB*) и построенной (*MN*).

На рисунке 137 показано построение точки пересечения прямой *MN* с плоскостью общего положения, заданной треугольником *ABC*.

Через прямую *MN* проведена вспомогательная горизонтально-проецирующая плоскость γ, в данном случае указанная только одним следом γ′, проходящим через проекцию *M′N′*. Плоскость γ пересекает *ABC* по прямой *D′E′*. По точкам *D′E′* найдены фронтальные проекции *E″D″* и тем самым определена прямая *ED*, по которой, вспомогательная плоскость, γ пересекает данную плоскость *ABC*. Затем найдена точ-

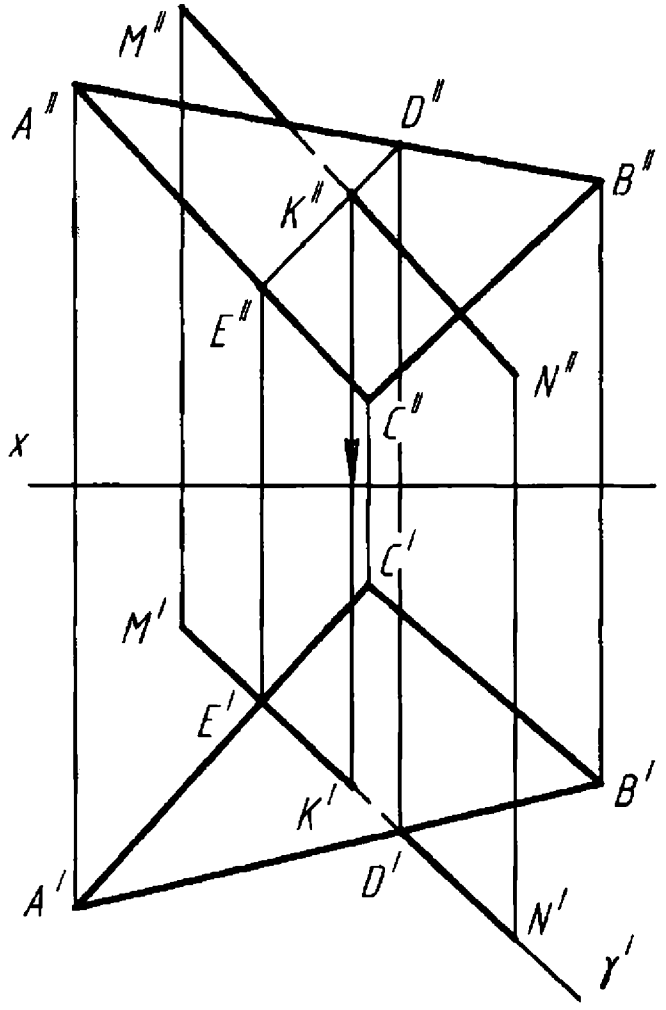


Рисунок 137

ка K'', в которой фронтальная проекция прямой непосредственно пересекает проекцию $E''D''$. После этого остается найти горизонтальную проекцию точки пересечения — точку K'.

Считая, что в пространстве заданы прямая и непрозрачный треугольник, определим видимые и невидимые части прямой MN относительно плоскостей π_1 и π_2.

На рисунке 138 дан пример построения точки пересечения прямой AB с плоскостью общего положения α, выраженной следами. В примере через прямую AB проведена горизонтально-проецирующая плоскость β, а дальнейший ход построения не отличается от рассмотренного на рисунке 137, т. е. вспомогательная плоскость β пересекает заданную плоскость α по прямой MN. По точкам $M'N'$ найдены фронтальные проекции $M''N''$. Затем найдена точка K'', в которой фронтальная проекция прямой $A''B''$ непосредственно пересекает проекцию $M''N''$. После этого находим горизонтальную проекцию точки пересечения — точку K'.

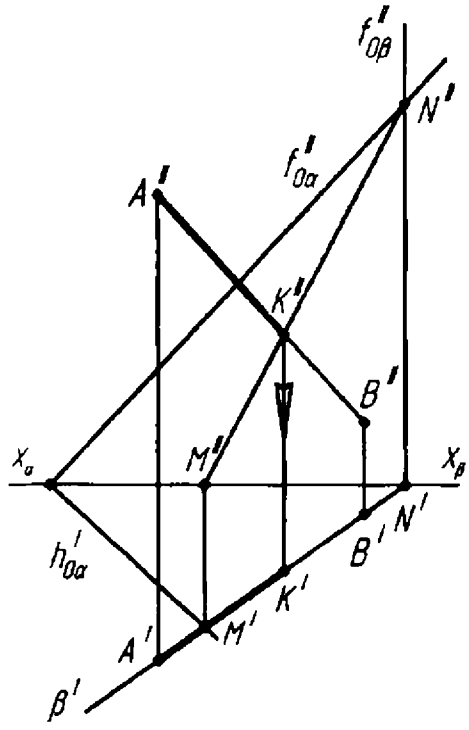


Рисунок 138

2.24 Построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых линий с плоскостью

В предыдущем разделе был изложен общий способ построения линии пересечения двух плоскостей, а именно применение вспомогательных секущих плоскостей. Рассмотрим теперь другой способ построения в применении к плоскостям общего положения. *Этот способ заключается в том, что находят точки пересечения двух прямых, принадлежащих одной из плоскостей, с другой плоскостью.*

На рисунке 139 дано построение линии пересечения двух треугольников ABC и DEF с указанием видимых и невидимых участков этих треугольников.

Прямая K_1K_2 построена по точкам пересечения сторон AC и BC треугольника ABC с плоскостью треугольника DEF. Вспомогательная фронтально-проецирующая плоскость, проведенная через AC (на чертеже эта плоскость особо не обозначена), пересекает треугольник DEF по прямой с проекциями $1''2''$ и $1'2'$; в пересечении проекций $A'C'$ и $1'2'$ получена горизонтальная проекция точки K'_1 пересечения прямой AC и треугольника DEF, затем построена фронтальная проекция K''_1. Так же найдена и точка K_2.

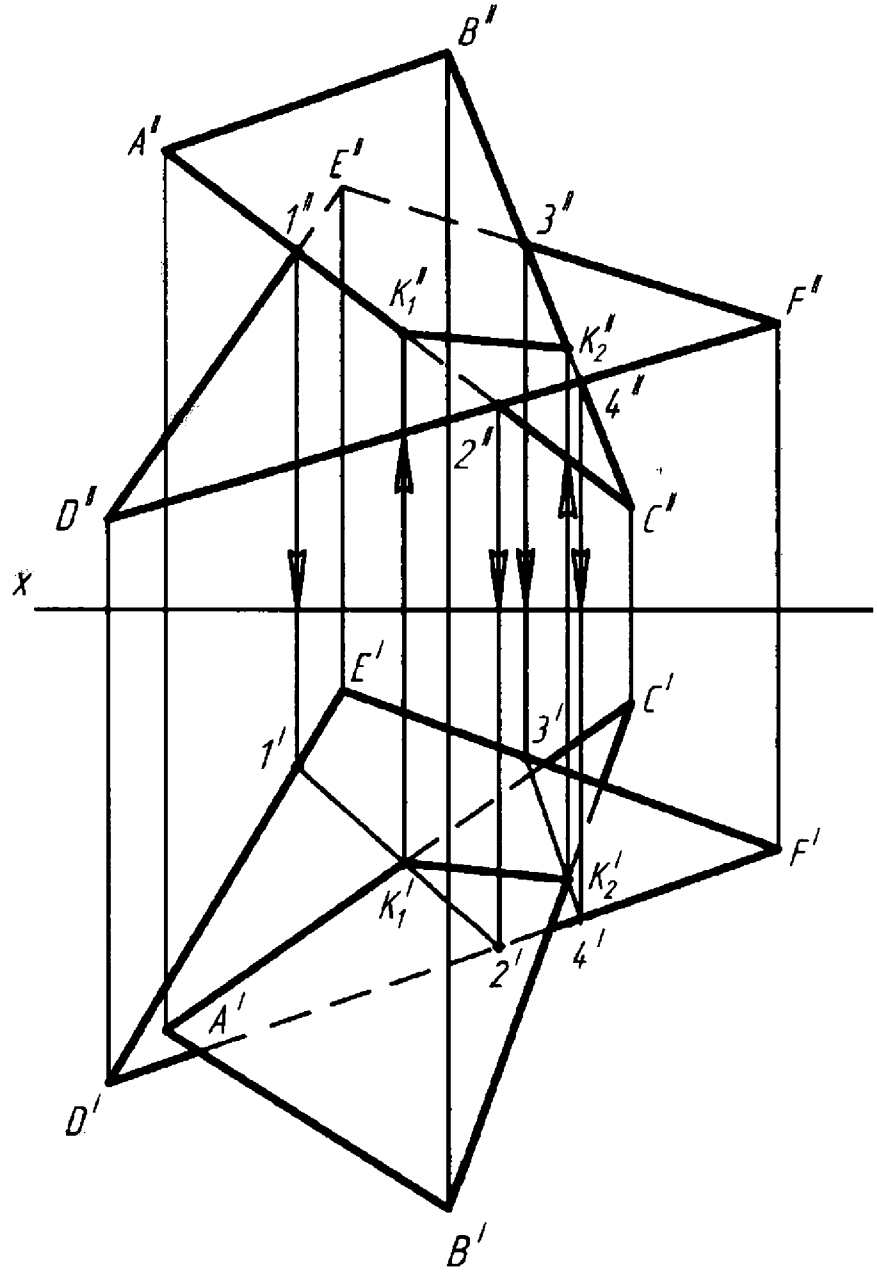


Рисунок 139

В примерах на рисунках 137—139 мы встретились с вопросом о разделении плоских фигур на части, видимые и невидимые для зрителя, так как плоскости считаются непрозрачными.

На чертежах это показано при помощи штриховых линий соответствующих частей треугольников. Видимость определена на основании рассуждений.

Следует еще раз обратить внимание на то, что применение штриховых линий вместо сплошных на рисунках, подсказано желанием сделать изображения более наглядными. Если исходить из понятия о проекции как геометрическом образе, то вопрос о «прозрачности» или «непрозрачности», о «видимости» и «невидимости» отпал бы: все надо было бы изображать сплошными линиями. Но для придания чертежам наглядности введены некоторые условности, в том числе штриховые линии.

2.25 Построение прямой линии параллельно плоскости

Построение прямой, ***параллельной заданной плоскости***, основано на следующем положении, известном из геометрии: *прямая параллельна плоскости, если эта прямая параллельна любой прямой в плоскости.*

Через заданную точку в пространстве можно провести бесчисленное множество прямых линий, параллельных заданной плоскости. Для получения единственного решения требуется какое-нибудь дополнительное условие.

Например, через точку M (рисунок 140) требуется провести прямую, параллельную плоскости, заданной треугольником ABC, и плоскости проекций π_1 (дополнительное условие).

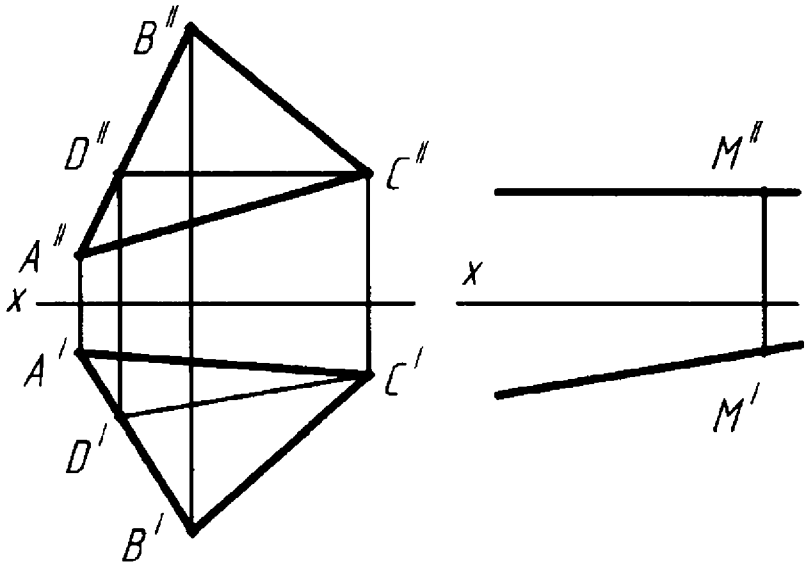


Рисунок 140

Очевидно, искомая прямая должна быть параллельна линии пересечения обеих плоскостей, т. е. должна быть параллельна горизонтальному следу плоскости, заданной треугольником ABC. Для определения направления этого следа можно воспользоваться горизонталью плоскости, заданной треугольником ABC. На рисунке 140 проведена горизонталь DC и затем через точку M проведена прямая, параллельная этой горизонтали.

Поставим обратную задачу: например, надо провести плоскость, параллельную прямой CD, через прямую AB (рисунок 141). Прямые AB и CD — скрещивающиеся. Если через одну из двух скрещивающихся прямых требуется провести плоскость, параллельную другой, то задача имеет единственное решение. Через точку B проведена пря-

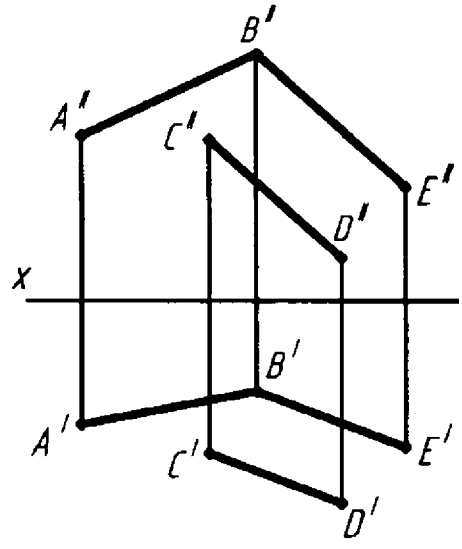


Рисунок 141

мая, параллельная прямой CD; прямые AB и BE определяют плоскость, параллельную прямой CD.

Как установить, *параллельна ли данная прямая данной плоскости?* Можно попытаться провести в этой плоскости некоторую прямую параллельно данной прямой. Если такую прямую в плоскости не удастся построить, то заданные прямая и плоскость не параллельны между собой.

Можно попытаться найти также точку пересечения данной прямой с данной плоскостью. Если такая точка не может быть найдена, то заданные прямая и плоскость взаимно параллельны.

2.26 Построение взаимно параллельных плоскостей

Пусть дается точка K, через которую надо провести плоскость, параллельную некоторой плоскости, заданной пересекающимися прямыми AF и BF (рисунок 142).

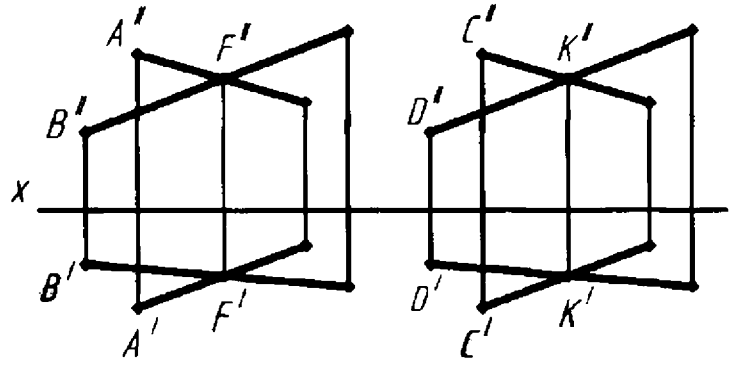


Рисунок 142

Очевидно, если через точку K провести прямые CK и DK, соответственно параллельные прямым AF и BF, то плоскость, определяемая прямыми CK и DK, окажется параллельной заданной плоскости.

Другой пример построения дан на рисунке 143 справа. Через точку A проведена плоскость β параллельно плоскости α. Сначала через точку A проведена прямая, заведомо параллельная плоскости α. Это горизонталь с проекциями $A''N''$ и $A'N'$, причем $A'N' \| h'_{0\alpha}$. Так как точка N является фронтальным следом горизонтали AN, то через эту точку пройдет след $f''_{0\beta} \| f''_{0\alpha}$, а через X_β — след $h'_{0\beta} \| h'_{0\alpha}$. Плоскости β и α взаимно параллельны, так как их одноименные пересекающиеся следы взаимно параллельны.

На рисунке 144 изображены две параллельные между собой плоскости — одна из них задана треугольником ABC, другая — параллельными прямыми DE и FG. Чем же устанавливается параллельность этих плоскостей? Тем, что в плоскости, заданной прямыми DE и FG, оказа-

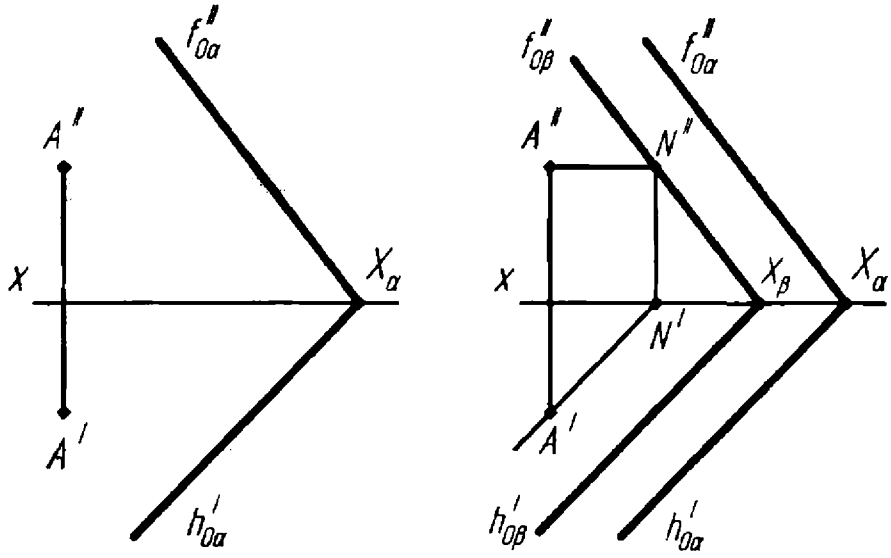


Рисунок 143

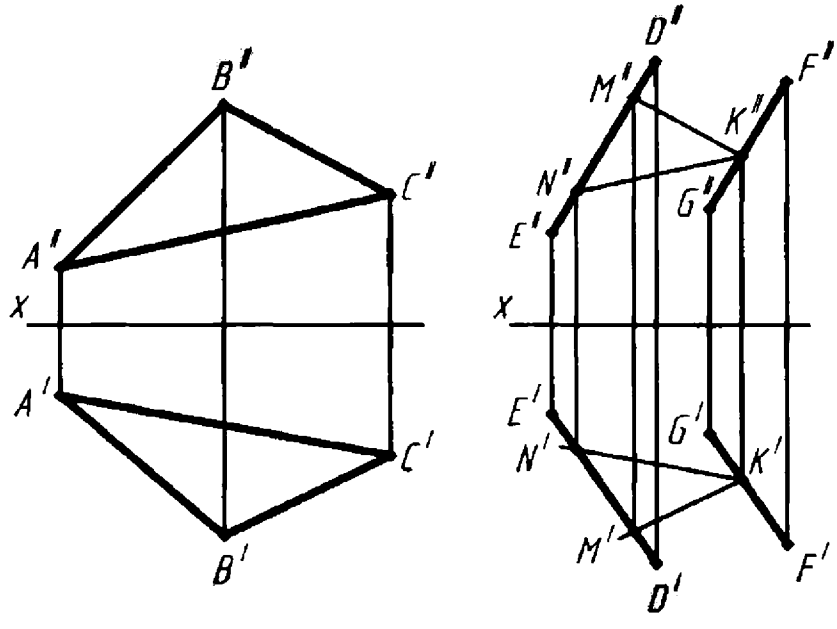


Рисунок 144

лось возможным провести две пересекающиеся прямые KN и KM, соответственно параллельные пересекающимся прямым AC и BC другой плоскости.

2.27 Построение взаимно перпендикулярных прямой и плоскости

Из всех возможных положений прямой, пересекающей плоскость, отметим случай, когда прямая перпендикулярна к плоскости, и рассмотрим свойства проекций такой прямой.

На рисунке 145 задана плоскость, определяемая двумя пересекающимися прямыми AN и AM, причем AN является горизонталью, а AM — фронталью этой плоскости. Прямая AB, изображенная на том

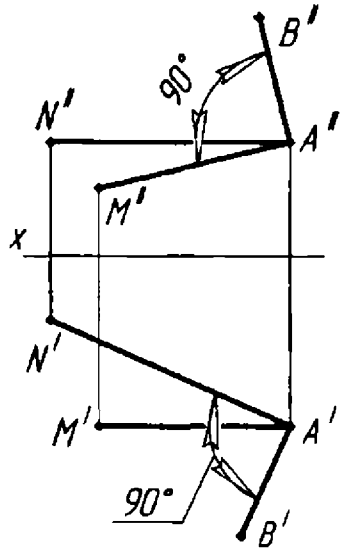


Рисунок 145

же чертеже, перпендикулярна к AN и к AM и, следовательно, перпендикулярна к определяемой ими плоскости.

Перпендикуляр к плоскости перпендикулярен к любой прямой, проведенной в этой плоскости. Но чтобы при этом проекция перпендикуляра к плоскости общего положения оказалась перпендикулярной к одноименной проекции какой-либо прямой этой плоскости, прямая должна быть горизонталью, или фронталью, или профильной прямой плоскости. Поэтому, желая построить перпендикуляр к плоскости, берут в общем случае две такие прямые (например, горизонталь и фронталь, как это показано на рисунке 145).

Итак, *у перпендикуляра к плоскости его горизонтальная проекция перпендикулярна к горизонтальной проекции горизонтали, фронтальная проекция перпендикулярна к фронтальной проекции фронтали, профильная проекция перпендикулярна к профильной проекции профильной прямой этой плоскости.*

Очевидно, в случае, когда плоскость выражена следами (рисунок 146), мы получаем следующий вывод: *если прямая перпендикулярна к плоскости, то горизонтальная проекция этой прямой перпендикулярна к горизонтальному следу плоскости, а фронтальная проекция перпендикулярна к фронтальному следу плоскости.*

На рисунке 146 из точки A проведен перпендикуляр к плоскости α ($A''C'' \perp f''_{0\alpha}$, $A'C' \perp h'_{0\alpha}$) и показано построение точки E, в которой перпендикуляр AC пересекает плоскость α. Построение выполнено с помощью горизонтально-проецирующей плоскости β, проведенной через перпендикуляр AE.

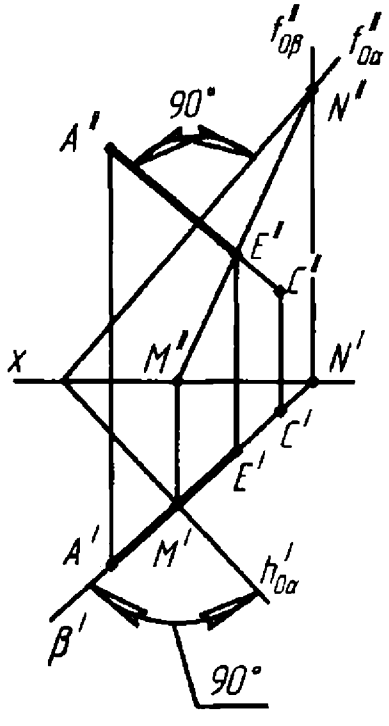


Рисунок 146

На рисунке 147 показано построение перпендикуляра к плоскости, определяемой треугольником ABC. Перпендикуляр проведен через точку A.

Так как фронтальная проекция перпендикуляра к плоскости должна быть перпендикулярна к фронтальной проекции фронтали плоскости, а его горизонтальная проекция перпендикулярна к горизонтальной проекции горизонтали, то в плоскости через точку A проведены фронталь с проекциями $A''D''$ и $A'D'$ и горизонталь $A''E''$, $A'E'$. Конечно, эти прямые не обязательно проводить именно через точку A.

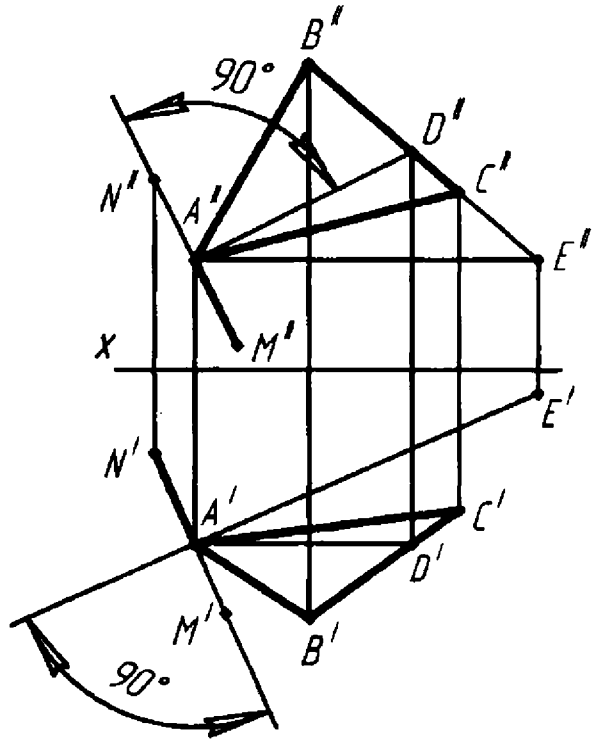


Рисунок 147

Далее проведены проекции перпендикуляра: $M''N'' \perp A''D''$, $M'N' \perp A'E'$. Почему проекции на рисунке 147 на участках $A''N''$ и $A'M'$ показаны штриховыми линиями? Потому, что здесь рассматривается плоскость, заданная треугольником ABC, а не только этот треугольник: перпендикуляр находится частично перед плоскостью, частично за ней.

2.28 Построение взаимно перпендикулярных плоскостей

Построение плоскости β, перпендикулярной к плоскости α, может быть произведено двумя путями: 1) плоскость β проводится через прямую, перпендикулярную к плоскости α; 2) плоскость β проводится перпендикулярно к прямой, лежащей в плоскости α или параллельной этой плоскости. Для получения единственного решения требуются дополнительные условия.

На рисунке 148 показано построение плоскости, перпендикулярной к плоскости, заданной треугольником CDE. Дополнительным условием здесь служит то, что искомая плоскость должна проходить через прямую AB. Следовательно, искомая плоскость определяется прямой AB и перпендикуляром к плоскости треугольника. Для проведения этого перпендикуляра к плоскости CDE в ней взяты фронталь CN и горизонталь CM: если $B''F'' \perp C''N''$ и $B'F' \perp C'M'$, то $BF \perp$ плоскости CDE.

Образованная пересекающимися прямыми AB и BF плоскость перпендикулярна к плоскости CDE, так как проходит через перпендикуляр к этой плоскости.

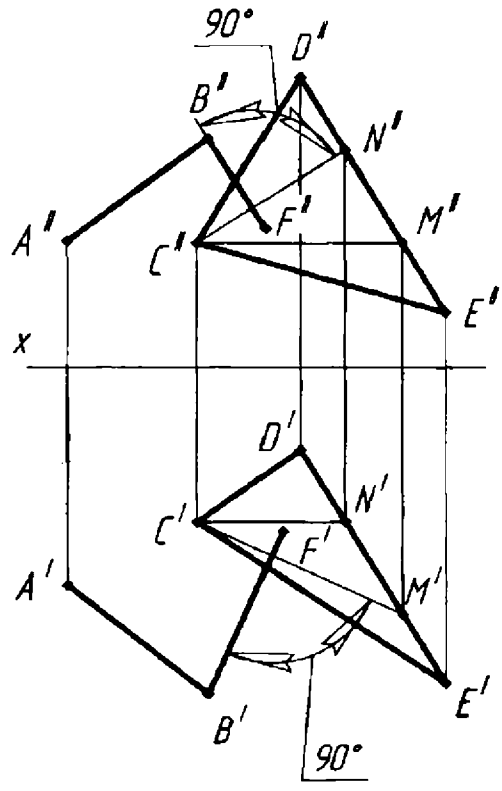


Рисунок 148

Может ли перпендикулярность одноименных следов плоскостей служить признаком перпендикулярности самих плоскостей?

К очевидным случаям, когда это так, относится также взаимная перпендикулярность двух горизонтально-проецирующих плоскостей, у которых горизонтальные следы взаимно перпендикулярны. Также это имеет место при взаимной перпендикулярности фронтальных следов фронтально-проецирующих плоскостей; эти плоскости взаимно перпендикулярны.

Рассмотрим (рисунок 149) горизонтально-проецирующую плоскость β, перпендикулярную к плоскости общего положения α.

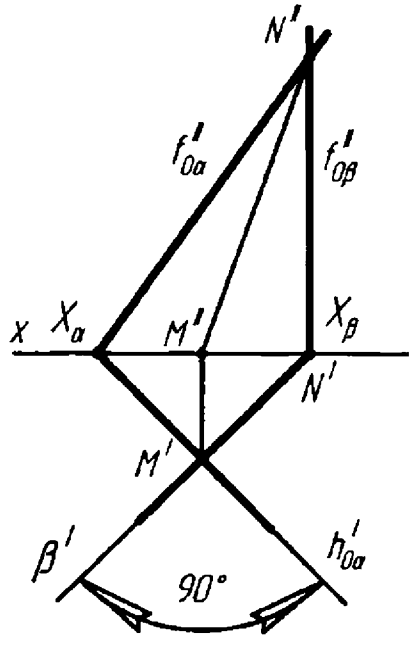


Рисунок 149

Если плоскость β перпендикулярна к плоскости π_1 и к плоскости α, то $\beta \perp h'_{0\alpha}$, как к линии пересечения плоскости α и плоскости π_1. Отсюда $h'_{0\alpha} \perp \beta$ и, следовательно, $h'_{0\alpha} \perp \beta'$, как к одной из прямых в плоскости β.

Итак, перпендикулярность горизонтальных следов плоскости общего положения и горизонтально-проецирующей соответствует взаимной перпендикулярности этих плоскостей.

Очевидно, перпендикулярность фронтальных следов фронтально-проецирующей плоскости и плоскости общего положения также соответствует взаимной перпендикулярности этих плоскостей.

Но если одноименные следы двух плоскостей общего положения взаимно перпендикулярны, то сами плоскости не перпендикулярны между собой, так как здесь не соблюдается ни одно из условий, изложенных в начале этого параграфа.

Вопросы для самопроверки

1. Как задается плоскость на чертеже?
2. Что такое след плоскости на плоскости проекций?
3. Где располагаются фронтальная проекция горизонтального следа и горизонтальная проекция фронтального следа плоскости?
4. Как определяется на чертеже, принадлежит ли прямая данной плоскости?
5. Как построить на чертеже точку, принадлежащую данной плоскости?
6. Как располагается в системе π_1, π_2 и π_3 плоскость общего положения?
7. Что такое фронтально-проецирующая, горизонтально-проецирующая и профильно-проецирующая плоскости?
8. Как изображается на чертеже фронтально-проецирующая плоскость, проведенная через прямую общего положения?
9. Какое взаимное положение могут занимать две плоскости?
10. Каков признак параллельности двух плоскостей?
11. Как взаимно располагаются одноименные следы двух параллельных между собой плоскостей?
12. Как установить взаимное положение прямой и плоскости?
13. В чем заключается общий способ построения линии пересечения двух плоскостей?
14. В чем заключается в общем случае способ построения точки пересечения прямой с плоскостью?
15. Как определить «видимость» при пересечении прямой с плоскостью?
16. Чем определяется взаимная параллельность двух плоскостей?
17. Как провести через точку плоскость, параллельную заданной плоскости?
18. Как располагается проекция перпендикуляра к плоскости?
19. Как построить взаимно перпендикулярные плоскости?

2.29 Способы преобразования проекций

Задание прямых линий и плоских фигур в частных положениях относительно плоскостей проекции значительно упрощает построения и решение задач, а подчас позволяет получить ответ или непосредственно по данному чертежу, или при помощи простейших построений.

Например, определение расстояния точки A до горизонтально-проецирующей плоскости (рисунок 150), заданной треугольником BCD, сводится к проведению перпендикуляра из проекции A' к проекции, выраженной отрезком $B'D'$. Искомое расстояние определяется отрезком $A'K'$.

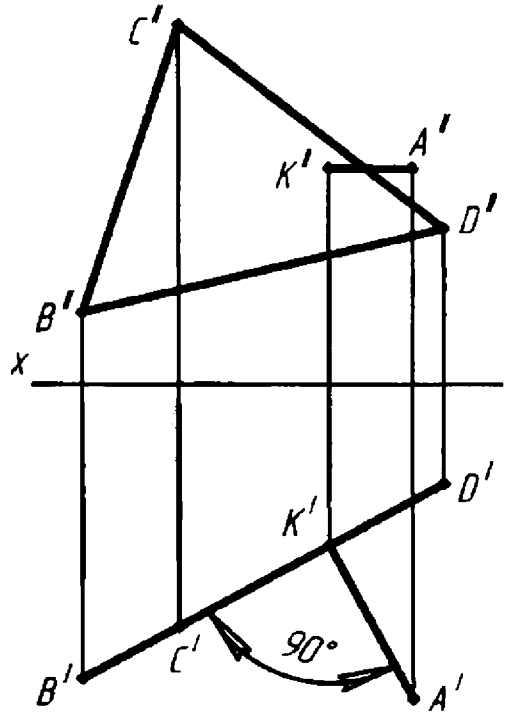


Рисунок 150

Излагаемые в настоящей главе способы дают возможность переходить от общих положений прямых линий и плоских фигур в системе π_1, π_2 к частным в той же системе или в дополнительной.

Достигается это:

- введением дополнительных плоскостей проекций так, чтобы прямая линия или плоская фигура, не изменяя своего положения в пространстве, оказалась в каком-либо частном положении в новой системе плоскостей проекций (*способ перемены плоскостей проекций*);
- изменением положения прямой линии или плоской фигуры путем поворота вокруг некоторой оси так, чтобы прямая или фигура оказалась в частном положении относительно неизменной системы плоскостей проекций (*способ вращения и частный случай его — способ совмещения*).

2.30 Способ перемены плоскостей проекций

Сущность способа перемены плоскостей проекций заключается в том, что положение точек, линий, плоских фигур, поверхностей в пространстве остается неизменным, а система π_1, π_2 дополняется плоскостями, образующими с π_1 или π_2, или между собой системы двух взаимно перпендикулярных плоскостей, принимаемых за плоскости проекций.

Каждая новая система выбирается так, чтобы получить положение, наиболее удобное для выполнения требуемого построения.

В ряде случаев для получения системы плоскостей проекций, разрешающей задачу, бывает достаточно ввести только одну плоскость, например $\pi_3 \perp \pi_1$ или $\pi_4 \perp \pi_2$; при этом плоскость π_3 окажется горизонтально-проецирующей, а плоскость π_4 — фронтально-проецирующей. Если введение одной плоскости, π_3 или π_4 не позволяет разрешить задачу, то прибегают к последовательному дополнению основной системы плоскостей проекций новыми: например, вводят плоскость $\pi_3 \perp \pi_1$, получают первую новую систему — π_3, π_1, а затем от этой системы переходят ко второй новой системе, вводя некоторую плоскость $\pi_4 \perp \pi_3$. При этом плоскость π_4 оказывается плоскостью общего положения в основной системе π_1, π_2. Таким образом, производится последовательный переход от системы π_1, π_2 к системе π_3, π_4 через промежуточную систему π_3, π_1.

Если плоскости π_3 и π_4 все же не разрешают вопроса полностью, можно перейти к третьей новой системе, вводя еще одну плоскость, перпендикулярную к π_4.

Ось проекций будем отмечать записью в виде дроби, считая, что черта лежит на этой оси; обозначения плоскости представляют собой как бы числитель и знаменатель дроби, причем каждая буква ставится по ту сторону оси, где должны размещаться соответствующие проекции.

2.31 Введение в систему ортогональных плоскостей одной дополнительной плоскости проекций

В большинстве случаев дополнительная плоскость, вводимая в систему π_1, π_2, в качестве плоскости проекций, выбирается согласно какому-либо условию, отвечающему цели построения.

На рисунке 151 выбор плоскости π_3 подчинен цели — определить угол между прямой CD и плоскостью проекций π_2, поэтому $\pi_3 \perp \pi_2$ и в то же время плоскость π_3 параллельна прямой CD (ось $\pi_3/\pi_2 \,||\, C''D''$). Кроме искомого угла φ_2 определилась и натуральная величина отрезка CD (ее выражает проекция $C'''D'''$).

Введение дополнительной плоскости проекций дает возможность, например, преобразовать чертеж так, что плоскость общего положения, заданная в системе π_1, π_2 становится перпендикулярной к дополнительной плоскости проекций. Пример дан на рисунке 152, где дополнительная плоскость π_3 проведена так, что плоскость общего положения, заданная треугольником ABC, стала перпендикулярной к плоскости π_3. Как же это получено?

В треугольнике ABC проведена горизонталь AD. Плоскость, перпендикулярная к AD, перпендикулярна к ABC и в то же время перпендикулярна к плоскости π_1 (так как $AD \,||\, \pi_1$). Этому удовлетворяет плоскость π_3; треугольник ABC проецируется на нее в отрезок $B'''C'''$.

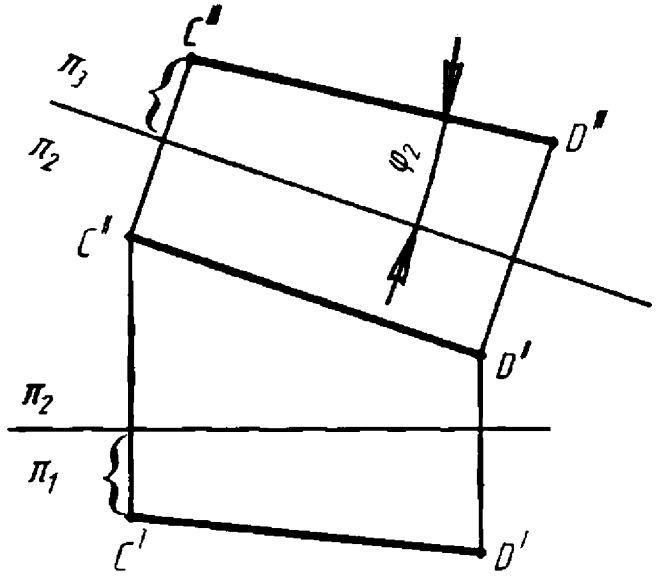


Рисунок 151

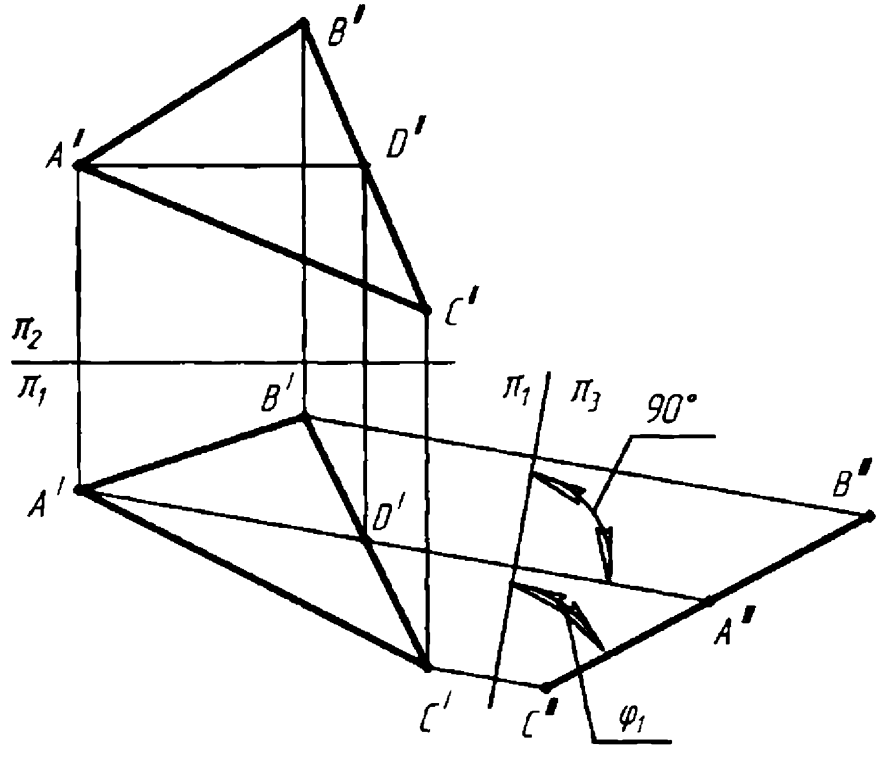


Рисунок 152

Построения на рисунке 152 приводят к получению угла φ_1 наклона заданной плоскости к плоскости π_1.

2.32 Введение в систему ортогональных плоскостей двух дополнительных плоскостей проекций

Рассмотрим введение в систему π_1, π_2 двух дополнительных плоскостей проекций на следующем примере.

Пусть требуется заданную в системе π_1, π_2 прямую общего положения *AB* расположить перпендикулярно к дополнительной плоскости проек-

ций. Можно ли достигнуть этого введением лишь одной дополнительной плоскости? Нет. Ведь такая плоскость, будучи перпендикулярной к прямой общего положения, сама в системе π_1, π_2 окажется плоскостью общего положения, т. е. не перпендикулярной ни к π_1, ни к π_2. Но этим нарушится условие введения дополнительных плоскостей проекций.

Как же обойти это препятствие и применить все же способ перемены плоскостей проекций? Надо придерживаться следующей схемы: от системы π_1, π_2 перейти к системе π_3, π_1, в которой $\pi_3 \perp \pi_1$ и $\pi_3 \| AB$, а затем перейти к системе π_3, π_4, где $\pi_4 \perp \pi_3$ и $\pi_4 \perp AB$. Соответствующий чертеж дан на рисунке 153. Дело сводится к последовательному построению проекций A''' и A^{IV} точки A и B''' и B^{IV} точки B. Прямая общего положения в системе π_1, π_2 оказалась перпендикулярной к дополнительной плоскости проекций π_4 с переходом через промежуточную стадию параллельности по отношению к первой дополнительной плоскости π_3. Так как плоскость π_3 расположена параллельно прямой AB, то расстояния точек A и B от плоскости π_3 равны между собой и выражаются, например, отрезком $A'2$; взяв ось π_3/π_4 перпендикулярно к $A'''B'''$ (что соответствует в пространстве перпендикулярности плоскости π_4 к прямой AB) и, отложив отрезок $A^{IV}3$, равный $A'2$, получаем обе проекции, A^{IV} и B^{IV} в одной точке, т. е. то, что и должно получиться, если $AB \perp \pi_4$.

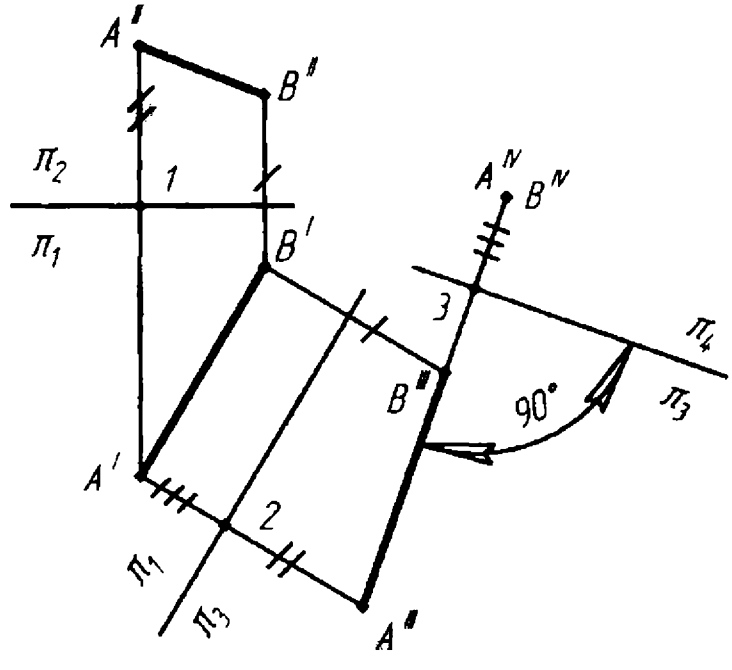


Рисунок 153

На рисунке 154 дан пример построения натурального вида треугольника ABC. Здесь введены две дополнительные плоскости проекций π_3 и π_4 по такой схеме: $\pi_3 \perp \pi_1$ и $\pi_3 \perp ABC$, а $\pi_4 \perp \pi_3$ и $\pi_4 \| ABC$. Заключительная стадия построения свелась к проведению плоскости $\pi_4 \|$ плоскости ABC (так как требовалось определить натуральный вид треугольника ABC); промежуточной стадией была перпендикулярность

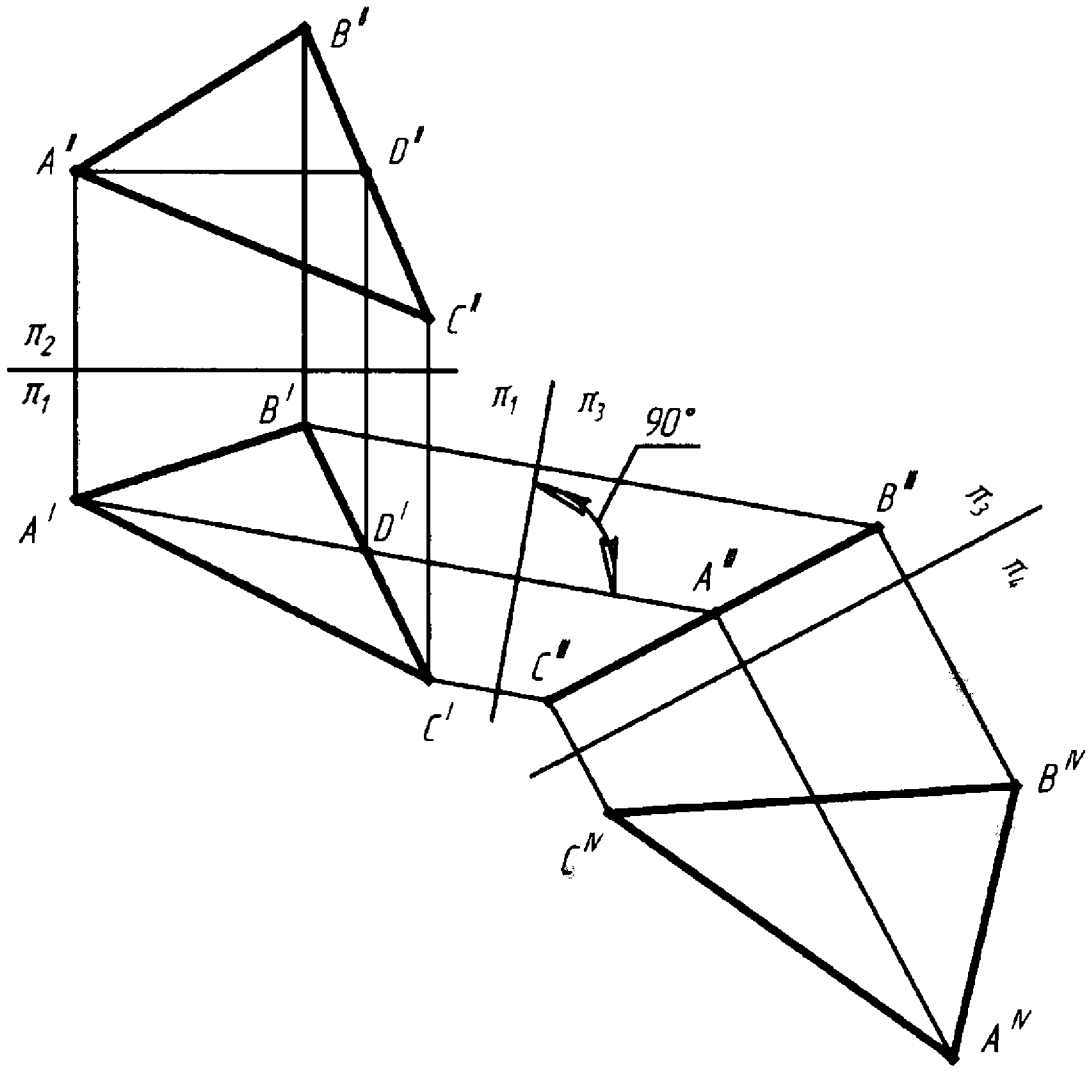


Рисунок 154

дополнительной плоскости π_3 к плоскости *ABC*. Эта промежуточная стадия повторяет построение, показанное на рисунке 153. В заключительной стадии построения на рисунке 154 ось $\pi_3/\pi_4 \parallel C'''A'''B'''$, т. е. плоскость π_4 проведена параллельно плоскости *ABC*, что и приводит к определению натурального вида, выражаемого проекцией $A^{IV}B^{IV}C^{IV}$.

Итак, в этом примере, чтобы получить параллельность плоскости *ABC* и плоскости π_4, потребовалось предварительно расположить взаимно перпендикулярно плоскость *ABC* и плоскость π_3. Наоборот, в примере на рисунке 153, чтобы получить перпендикулярность $AB \perp \pi_4$, предварительно потребовалось положение параллельности $AB \parallel \pi_3$.

2.33 Способ вращения

При вращении вокруг некоторой неподвижной прямой (ось *вращения*) каждая точка вращаемой фигуры перемещается в плоскости, перпендикулярной к оси вращения (*плоскость вращения*). Точка перемещается по окружности, центр которой находится в точке пересечения оси с плоскостью вращения (*центр вращения*), а радиус окружности равня-

ется расстоянию от вращаемой точки до центра (это *радиус вращения*). Если какая-либо из точек данной системы находится на оси вращения, то при вращении системы эта точка считается неподвижной.

Ось вращения может быть задана или выбрана; в последнем случае выгодно расположить ось перпендикулярно к одной из плоскостей проекций, так как при этом упрощаются построения.

Действительно, если ось вращения перпендикулярна, например, к плоскости π_2, то плоскость, в которой происходит вращение точки, параллельна плоскости π_2. Следовательно, траектория точки проецируется на плоскость π_2 без искажения, а на плоскость π_1 — в виде отрезка прямой линии.

Вращение вокруг выбранной оси

В ряде случаев ось вращения может быть выбрана. При этом если ось вращения выбрать проходящей через один из концов отрезка, то построение упростится, так как точка, через которую проходит ось, будет «неподвижной» и для поворота отрезка надо построить новое положение проекций только одной точки — другого конца.

На рисунке 155 показан случай, когда для поворота отрезка AB выбрана ось вращения, перпендикулярная к плоскости π_1 и проходящая через точку A. При повороте вокруг такой оси можно, например, расположить отрезок параллельно плоскости π_2.

Именно такое положение показано на рисунке 155. Горизонтальная проекция отрезка в своем новом положении перпендикулярна к линии связи $A''A'$. Найдя точку $\overline{B}''$ и построив отрезок $A''\overline{B}''$, получаем фронтальную проекцию отрезка AB в его новом положении. Проекция $A''\overline{B}''$ выражает длину отрезка AB. Угол $A''\overline{B}''B''$ равен углу между прямой AB и плоскостью π_1.

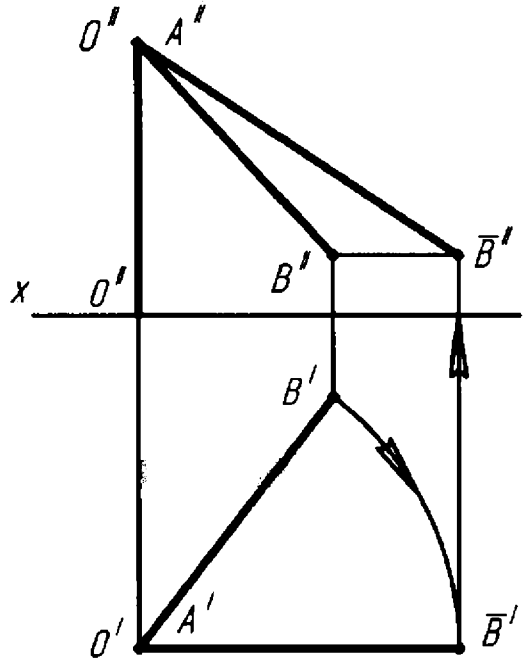


Рисунок 155

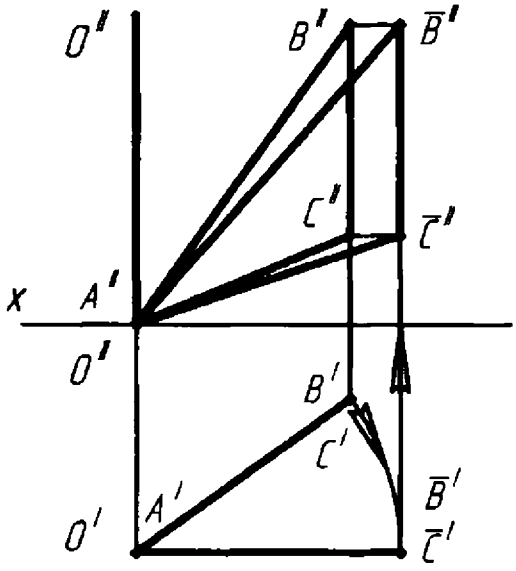


Рисунок 156

Если поставить перед собой цель — определить угол наклона прямой общего положения к плоскости π_2, то надо провести ось вращения перпендикулярно к плоскости π_2 и повернуть прямую так, чтобы она стала параллельной плоскости π_1.

На рисунке 156 показано построение действительной величины горизонтально-проецирующей плоскости, заданной треугольником ABC методом вращения этого треугольника около вертикальной оси до тех пор, пока плоскость треугольника не станет параллельной плоскости π_2.

Ось вращения OO проведена через вершину треугольника A. Вращаются одновременно две вершины треугольника — B и C. После поворота новая горизонтальная проекция треугольника $A'\overline{B}'\overline{C}'$ параллельна оси x.

Построение фронтальных проекций точек B и C находят, проводя линии связи как показано на рисунке.

Вопросы для самопроверки

1. Как найти длину отрезка прямой линии, вводя дополнительные плоскости проекций?
2. Сколько дополнительных плоскостей надо ввести в систему π_1, π_2, чтобы определить натуральный вид фигуры, плоскость которой перпендикулярна к плоскости π_1?
3. Что такое центр вращения точки при повороте ее вокруг некоторой оси?
4. В чем заключается способ вращения?
5. Что такое радиус вращения точки?

2.34 Аксонометрические проекции

Во многих случаях при выполнении технических чертежей оказывается необходимым наряду с изображением предметов в системе ортогональных проекций иметь изображения более наглядные. Для построения таких изображений применяют проекции, называемые ***аксонометрическими*** или, сокращенно, *аксонометрией.*

Существует три разновидности наглядных изображений: перспектива, параллельная и центральная аксонометрии. Первую применяют для изображения объектов больших размеров (зданий, плотин, самолетов, крупных станков и т. д.), когда надо показать, как они будут выглядеть с определенных точек зрения после их создания. Перспектива как бы

заменяет фотографии объектов, пока существующих только в представлении проектировщиков. Однако значительно проще, чем перспектива, строится параллельная аксонометрия (обычно объектов небольших размеров), которую широко используют в различных отраслях техники, в частности в машиностроении. Центральная аксонометрия представляет больше научный интерес и в практике используется редко.

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что данная фигура вместе с осями прямоугольных координат, к которым эта система точек отнесена в пространстве, параллельно проецируется на некоторую плоскость. Следовательно, аксонометрическая проекция есть, прежде всего, проекция только на одной плоскости, а не на двух или более, как это имеет место в системе ортогональных проекций. При этом необходимо обеспечить наглядность изображений и возможность производить определения положений и размеров.

На рисунке 157 показана схема проецирования точки A на некоторую плоскость α, принятую за плоскость *аксонометрических проекций.* Направление проецирования указано стрелкой.

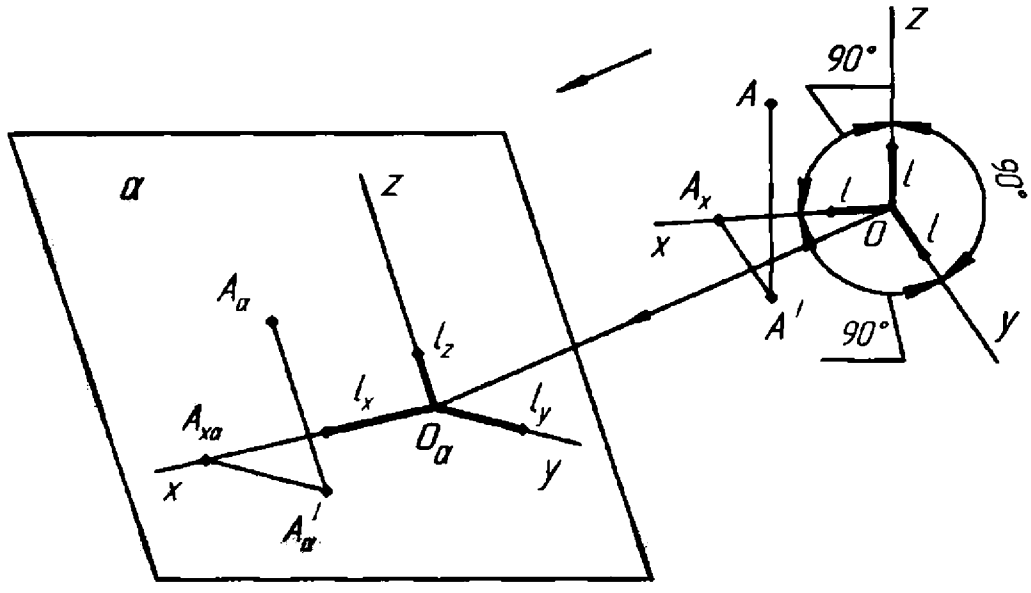


Рисунок 157

Полученное на ней изображение называют ***аксонометрическим*** (или просто *аксонометрией*), а проекции координат осей — *аксонометрическими осями координат.*

Очевидно, проекции прямых, параллельных в натуре натуральным осям координат, параллельны соответствующим аксонометрическим. Именно в использовании этого свойства параллельных проекций и заключается простота построения параллельной аксонометрии.

Прямые Ox, Oy, Oz изображают оси координат в пространстве, прямые $O\alpha x$, $O\alpha y$, $O\alpha z$ — их проекции на плоскость α — аксонометрические оси.

На осях x, y, z отложен некоторый отрезок длиной l, принимаемый за единицу измерения по этим осям (*натуральная единица*). Отрезки lx,

ly, lz на аксонометрических осях представляют собой проекции отрезка l; они вообще не равны l и не равны между собой. Отрезки lx, ly, lz, являются единицами измерения по аксонометрическим осям — *аксонометрическими единицами.*

Отношения $\frac{lx}{l}$, $\frac{ly}{l}$, $\frac{lz}{l}$ называются ***коэффициентами искажения*** (или показателями искажения) по аксонометрическим осям.

Коэффициент искажения по оси $O\alpha x$ обозначим k, по оси $O\alpha y$ обозначим m, по оси $O\alpha z$ обозначим n.

Трехзвенная пространственная линия $O\,Ax\,A'\,A$ спроецировалась в плоскую ломаную линию $O\alpha\,Ax\alpha\,A'\alpha\,A\alpha$ (рисунок 157). Точка $A\alpha$ — *аксонометрическая проекция* точки A; точка $A'\alpha$ представляет собой аксонометрическую проекцию точки A', которая является одной из ортогональных проекций точки A, а именно на плоскость π_1 (xOy). Точку $A'\alpha$ называют *вторичной проекцией точки A.* Можно построить еще две вторичные проекции точки A, соответствующие двум другим ее ортогональным проекциям — на плоскостях $\pi_2(xOz)$ и $\pi_3(yOz)$.

Отношения между аксонометрическими проекциями отрезков прямых линий, параллельных прямоугольным осям координат, и самими отрезками выражаются коэффициентами k, m, n.

Так как $A'Ax \parallel Oy$ и $A'A \parallel Oz$ (рисунок 157), то при параллельном проецировании $A'\alpha Ax\alpha \parallel O\alpha y$ и $A'\alpha A\alpha \parallel O\alpha z$. Отношение параллельных отрезков при параллельном проецировании сохраняется; следовательно, $A'\alpha Ax\alpha : ly = A'Ax : l$ или $A'\alpha Ax\alpha : A'Ax = ly : l = m$, где m — коэффициент искажения по оси $O\alpha y$. Аналогичные заключения можно сделать и относительно отрезков, расположенных параллельно осям x и z: отношения проекций таких отрезков к самим отрезкам равны (соответственно) коэффициентам искажения k и n.

Каждый из отрезков линии $O\,Ax\,A'\,A$ (рисунок 157) определяет одну из прямоугольных координат точки A; проекции этих отрезков — отрезки плоской ломаной линии $O\alpha\,Ax\alpha\,A'\alpha\,A\alpha$ — определяют соответственно *аксонометрические координаты* той же точки A. Очевидно, при помощи коэффициентов искажения можно перейти от прямоугольных координат к аксонометрическим, и наоборот: $x\alpha = kx$, $y\alpha = my$, $z\alpha = nz$, где буквами $x\alpha$, $y\alpha$, $z\alpha$ обозначены отрезки, определяющие аксонометрические координаты точки, а буквами x, y, z — отрезки, определяющие ее прямоугольные координаты.

Углы наклона натуральных осей координат к аксонометрической плоскости проекций и направление проецирования могут быть выбраны произвольно. Следовательно, возможно существование бесчисленного множества видов параллельной аксонометрии. Их подразделяют на три группы:

— все три показателя искажения равны ($k = m = n$). Этот вид аксонометрии называют ***изометрической*** (или *изометрией*);

— два каких-либо показателя равны (например, $k = m \neq n$). Этот вид аксонометрии называют ***диметрической*** (или *диметрией*);

— все три показателя различны ($k \neq m \neq n$). Этот вид аксонометрии называют ***триметрической*** (или *триметрией*).

В практике применяют несколько видов аксонометрии с наиболее простыми соотношениями между показателями искажений.

Обратимость аксонометрического чертежа (возможность определения натуральных размеров изображенного объекта) обеспечивается указанием на нем показателей искажения (или наличием условий для их определения) и возможности построения аксонометрической координатной ломаной любой точки поверхности, принадлежащей изображенному объекту.

На рисунке 158 дан пример построения аксонометрической проекции точки по ее ортогональным проекциям.

Точка $A\alpha$ построена по координатным отрезкам, взятым с чертежа: $x = OAx$, $y = AxA'$, $z = AxA''$. Учитывая коэффициенты искажения k, m и n, откладываем по оси $O\alpha x$ отрезок $O\alpha\ Ax\alpha = k \bullet O\ Ax$, затем параллельно оси $O\alpha y$ отрезок $Ax\alpha A'\alpha = m \bullet AxA'$ и, наконец, параллельно оси $O\alpha z$ отрезок $A'\alpha\ A\alpha = n \bullet AxA''$.

Плоскость β (рисунок 159) изображена следами и в аксонометрической проекции. Для построения следов взяты точки их пересечения с

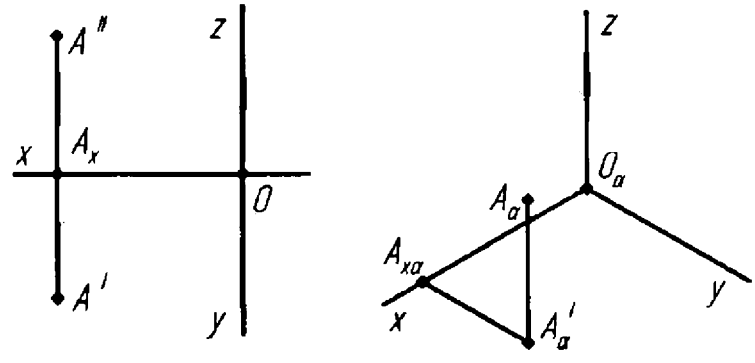


Рисунок 158

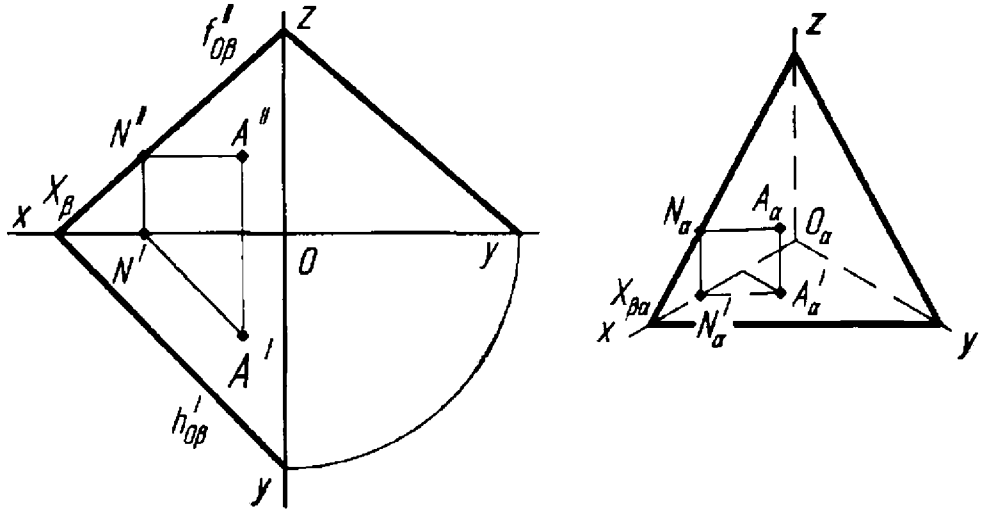


Рисунок 159

осями по отрезкам на осях (например, точка $X\beta\alpha$, построена по отрезку $OX\beta$; $O\alpha X\beta\alpha = k \bullet OX\beta$).

Точка A, лежащая в плоскости β, построена в аксонометрической проекции по ее координатам; горизонталь $N\alpha A\alpha$ должна быть параллельна своей вторичной проекции и следу на плоскости $xO\alpha y$. Точку $A\alpha$ можно было построить и как точку пересечения двух каких-либо прямых в плоскости β, построив аксонометрические проекции этих прямых.

Стандартные аксонометрические проекции.

ГОСТ 2.317—69 устанавливает правила построения аксонометрических проекций, применяемых на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Изометрическая проекция.

Положение аксонометрических осей приведено на рисунке 160.

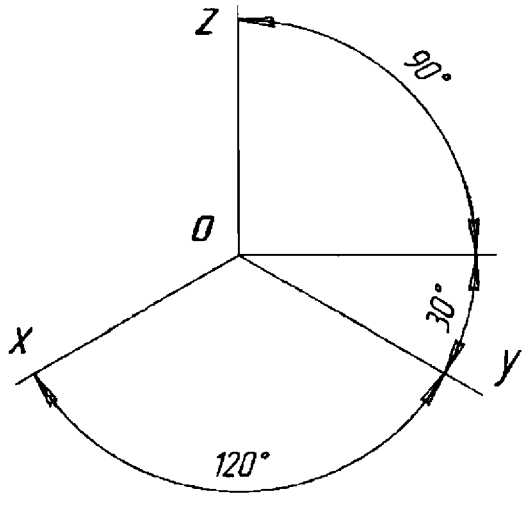


Рисунок 160

Коэффициент искажения по осям x, y, z равен 0,82. Изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без искажения по осям x, y, z, т. е. приняв коэффициент искажения равным 1.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рисунок 161).

Если изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям x, y, z, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна 1,22, а малая ось — 0,71 диаметра окружности.

Если изометрическую проекцию выполняют с искажением по осям x, y, z, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна диаметру окружности, а малая ось — 0,58 диаметра окружности.

У эллипса *1* большая ось расположена под углом 90° к оси y, у эллипса *2* — к оси z и у эллипса *3* — к оси x. Запомним также, что большая и малая оси эллипса перпендикулярны между собой.

Пример изометрической проекции детали приведен на рисунке 162.

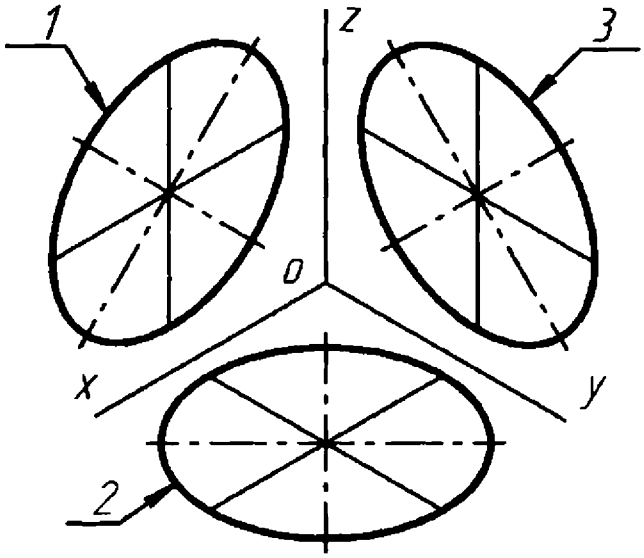


Рисунок 161

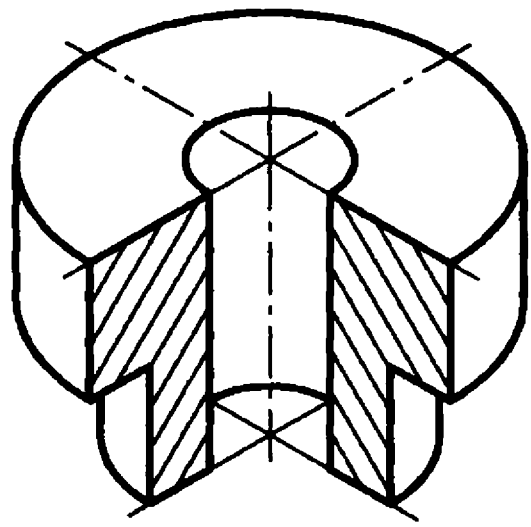


Рисунок 162

Диметрическая проекция.

Положение аксонометрических осей приведено на рисунке 163.

Коэффициент искажения по оси *y* равен 0,47, а по осям *x* и *z* — 0,94.

Диметрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения по осям *x* и *z* и с коэффициентом искажения 0,5 по оси *y* (т. е. размеры по этой оси необходимо уменьшать в два раза по отношению к натуральным).

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рисунок 164).

Если диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям *x* и *z*, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна 1,06 диаметра окружности, а малая ось эллипса *1* — 0,95, эллипсов *2* и *3* — 0,35 диаметра окружности.

Если диметрическую проекцию выполняют с искажением по осям *x* и *z*, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна диаметру окружности, а малая ось эллипса *1* — 0,9, эллипсов *2* и *3* — 0,33 диаметра окружности.

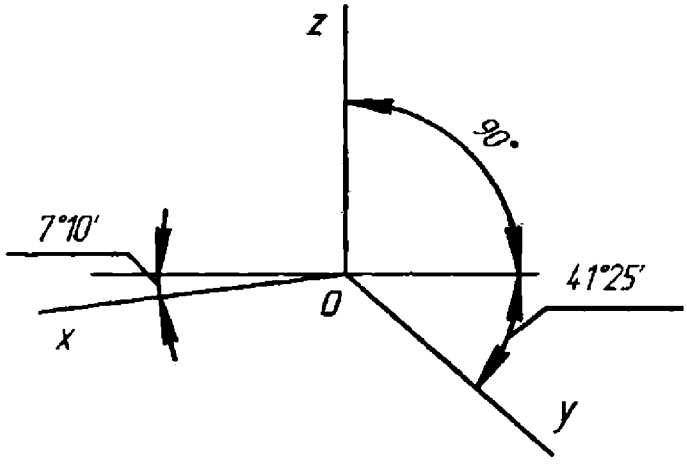


Рисунок 163

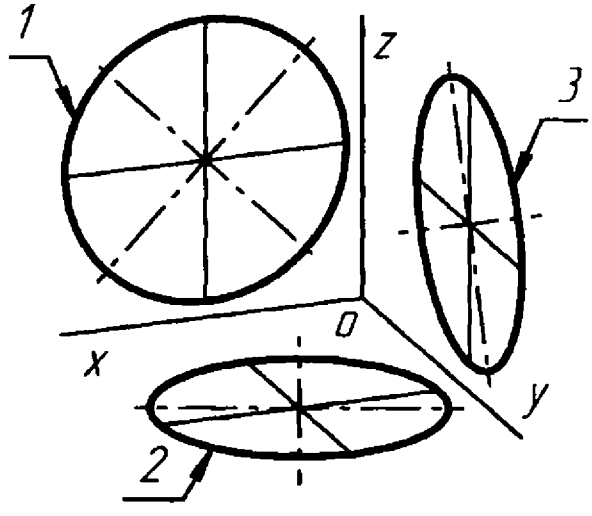


Рисунок 164

У эллипса *1* большая ось расположена под углом 90° к оси *y*, у эллипса *2* — к оси *z* и у эллипса *3* — к оси *x*. У данных эллипсов большая и малая оси также перпендикулярны между собой.

Пример диметрической проекции детали приведен на рисунке 165.

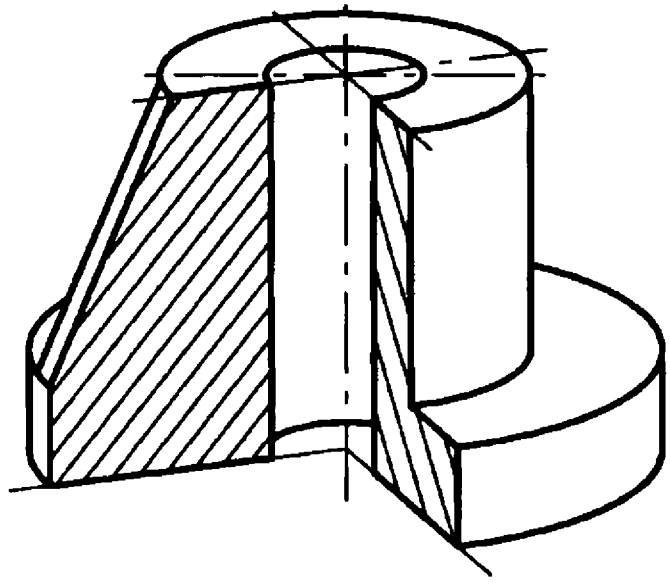


Рисунок 165

ГОСТ 2.317—69 устанавливает также правила построения косоугольных аксонометрических проекций, применяемых на чертежах всех отраслей промышленности и строительства: фронтальной изометрической, горизонтальной изометрической и фронтальной диметрической проекций, которые в данном учебном пособии не рассматриваются.

Условности и нанесение размеров.

Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рисунок 166).

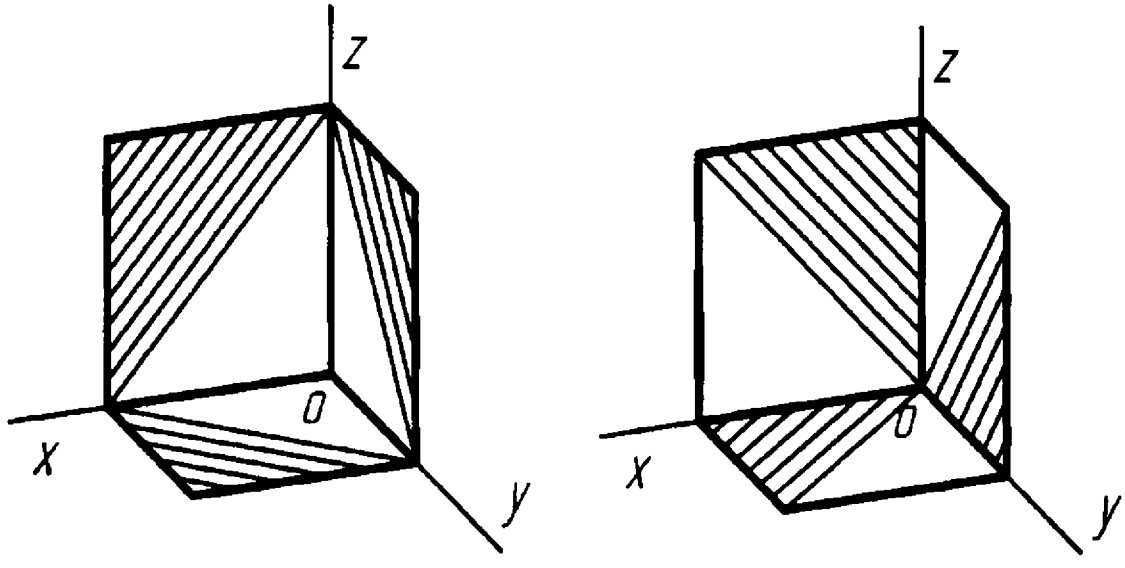


Рисунок 166

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии — параллельно измеряемому отрезку (рисунок 167).

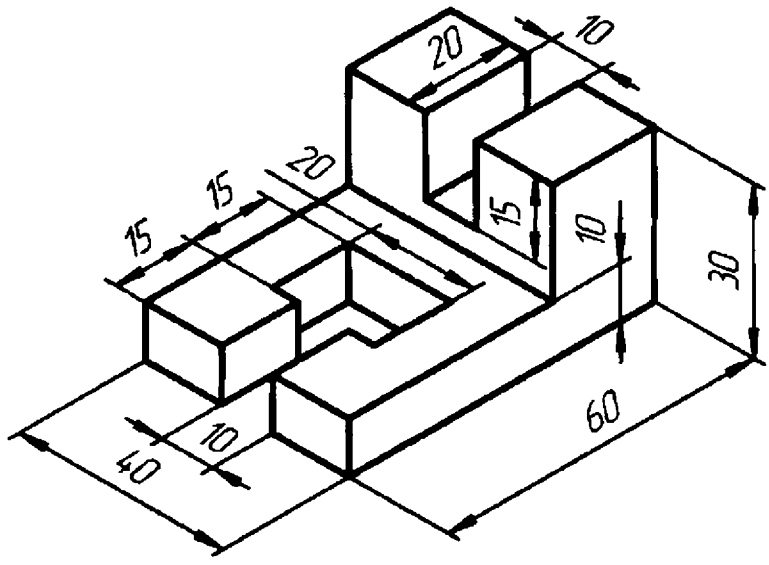


Рисунок 167

В аксонометрических проекциях ребра жесткости штрихуют (рисунок 165).

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается способ аксонометрического проецирования?
2. Назовите виды аксонометрических проекций.
3. Как располагаются координатные оси в изометрии?
4. Что называется коэффициентами (или показателями) искажения?
5. Каковы коэффициенты искажения в диметрии?
6. Как производится переход от прямоугольных координат к аксонометрическим?

2.35 Проекции геометрических тел

Геометрическим телом называют любую замкнутую область пространства вместе с ее границей — ***поверхностью***, рассматриваемой как множество точек, координаты которых удовлетворяют определенному виду уравнения $\Phi(x, y, z) = 0$.

Геометрические тела, ограниченные плоскими многоугольниками, называются ***многогранниками*** (рисунок 168, *а*). Эти многоугольники называются ***гранями***, их пересечения — ***ребрами***. Угол, образованный гранями, сходящимися в одной точке — ***вершине***, называется ***многогранным углом.***

Тела вращения ограничены поверхностями, которые получаются в результате вращения какой-либо линии вокруг неподвижной оси (рису-

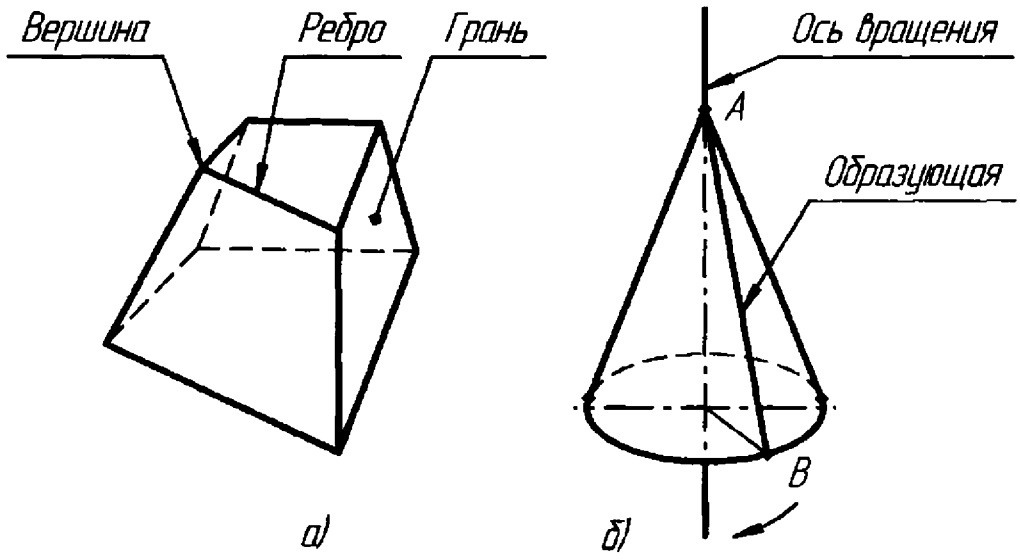


Рисунок 168

нок 168, *б*). Линия *AB*, которая при своем движении образует поверхность, называется ***образующей***. Наиболее часто встречаются такие тела вращения, как цилиндр, конус, шар, тор.

2.36 Проекции призм

Построение проекций прямой четырехугольной призмы (рисунок 169) начинается с выполнения ее горизонтальной проекции — четырехугольника. Из вершин этого четырехугольника проводят вертикальные линии связи и строят фронтальную проекцию нижнего основания призмы. Эта проекция изображается отрезком горизонтальной прямой. От этой прямой вверх откладывают высоту призмы и строят фронтальную проекцию верхнего основания. Затем вычерчивают фронтальные проекции ребер — отрезки вертикальных прямых, равные высоте призмы. Горизонтальные проекции боковых граней изображаются в виде отрезков прямых. Задняя грань изображается на плоскости π_2 без искажения, а на плоскости π_3 — в виде прямой линии. Фронтальные и профильные проекции остальных граней изображаются с искажением.

На комплексных чертежах предметов часто приходится строить проекции линий и точек, расположенных на поверхности этих тел, имея только одну проекцию линии или точки. Рассмотрим решение такой задачи.

Дан комплексный чертеж четырехугольной прямой призмы и фронтальная проекция A'' точки A (рисунок 169).

Прежде всего, надо отыскать на комплексном чертеже две проекции грани, на которой расположена точка A. На комплексном чертеже видно, что точка A лежит на грани призмы *1265*. Фронтальная проекция A'' точки A лежит на фронтальной проекции $1''2''6''5''$ грани призмы. Горизонтальная проекция $1'5'6'2'$ этой грани — отрезок $5'6'$. На этом отрезке и находится горизонтальная проекция A' точки A. Профильную проекцию призмы и точки A строят, применяя линии связи.

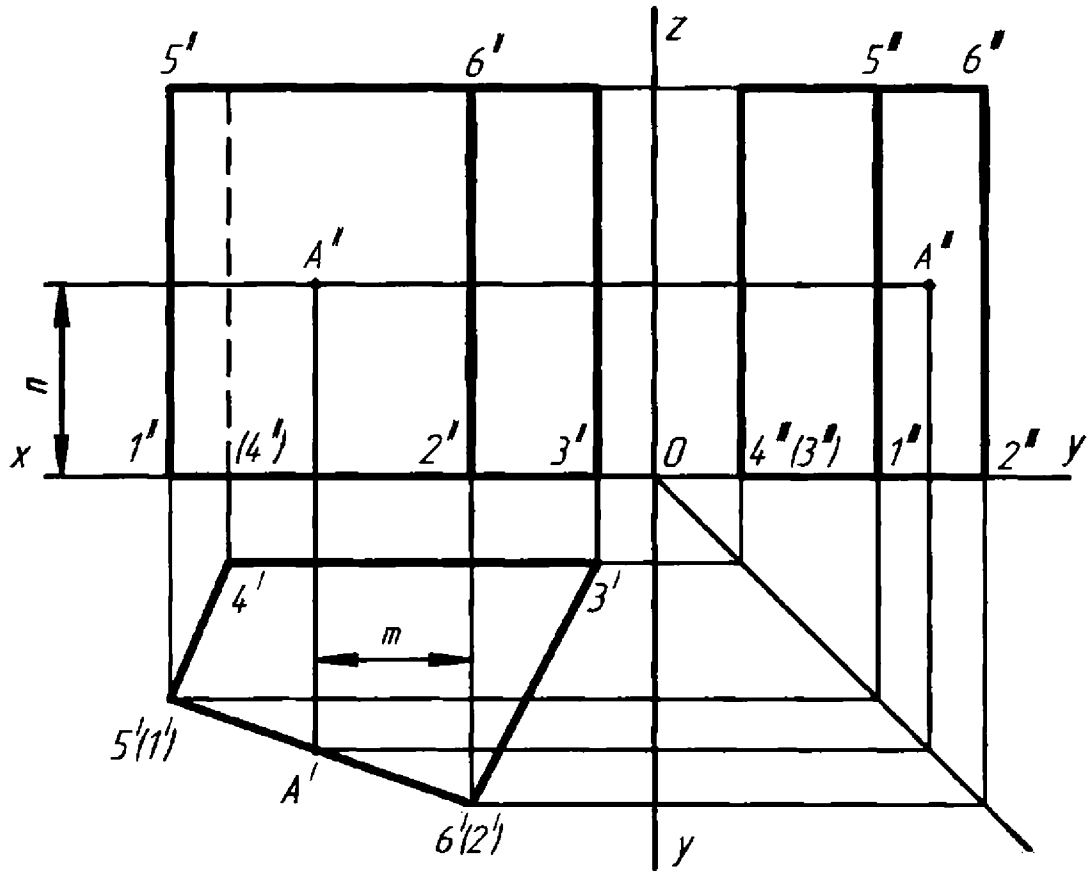


Рисунок 169

По имеющемуся комплексному чертежу призмы можно выполнить ее изометрическую проекцию по координатам вершин. Для этого вначале строят нижнее основание призмы (рисунок 170, *а*), а затем вертикальные ребра и верхнее основание (рисунок 170, *б*).

По координатам *m* и *n* точки *A*, взятым с комплексного чертежа, можно построить аксонометрическую проекцию этой точки.

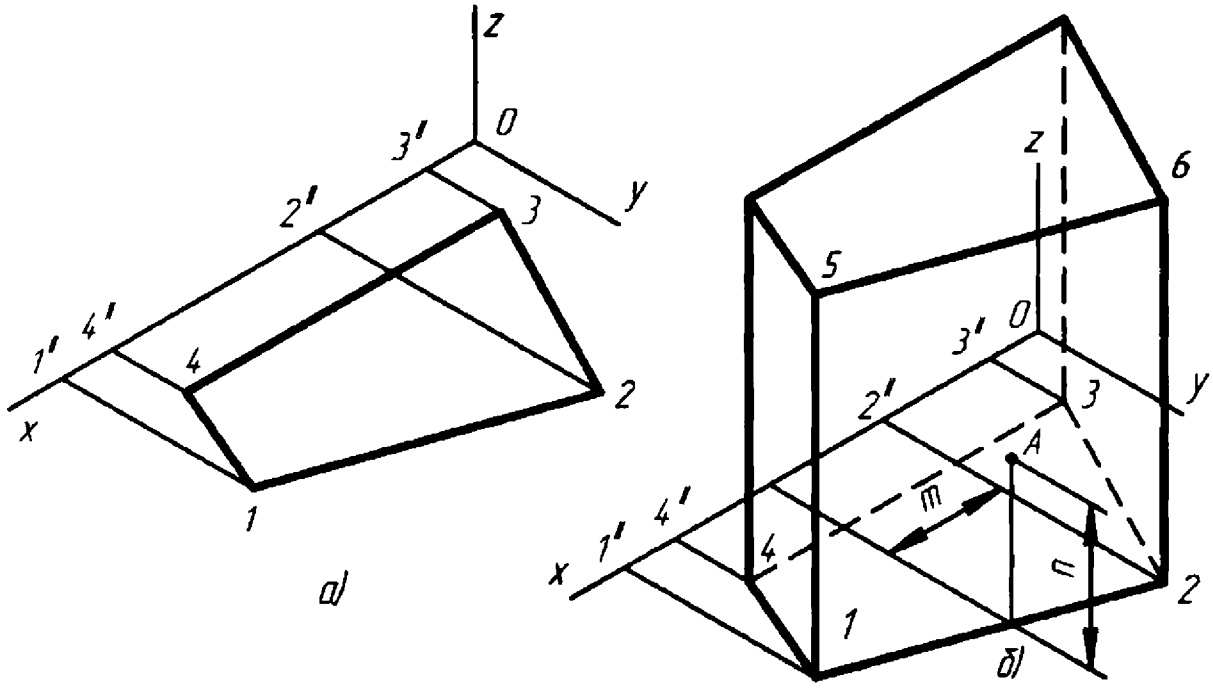


Рисунок 170

2.37 Проекции пирамид

Построение проекции правильной четырехугольной пирамиды начинается с построения основания, горизонтальная проекция которого представляет собой четырехугольник без искажения (рисунок 171, *а*). Фронтальная проекция основания — отрезок горизонтальной прямой.

Из горизонтальной проекции точки S' (вершины, пирамиды) проводят вертикальную линию связи, на которой от оси x откладывают высоту пирамиды и получают фронтальную проекцию S'' вершины. Соединяя точку S'' с точками $1''$, $2''$, $3''$ и $4''$, получают фронтальные проекции ребер пирамиды.

Горизонтальные проекции ребер получают, соединяя горизонтальную проекцию точки S' с горизонтальными проекциями точек $1'$, $2'$, $3'$ и $4'$.

Пусть, например, дана фронтальная проекция A'' точки A, расположенной на грани пирамиды $1''$, S'', $2''$ и требуется найти другую проекцию этой точки. Для решения этой задачи проведем через A'' вспомогательную прямую, проходящую через вершину пирамиды и точку N'',

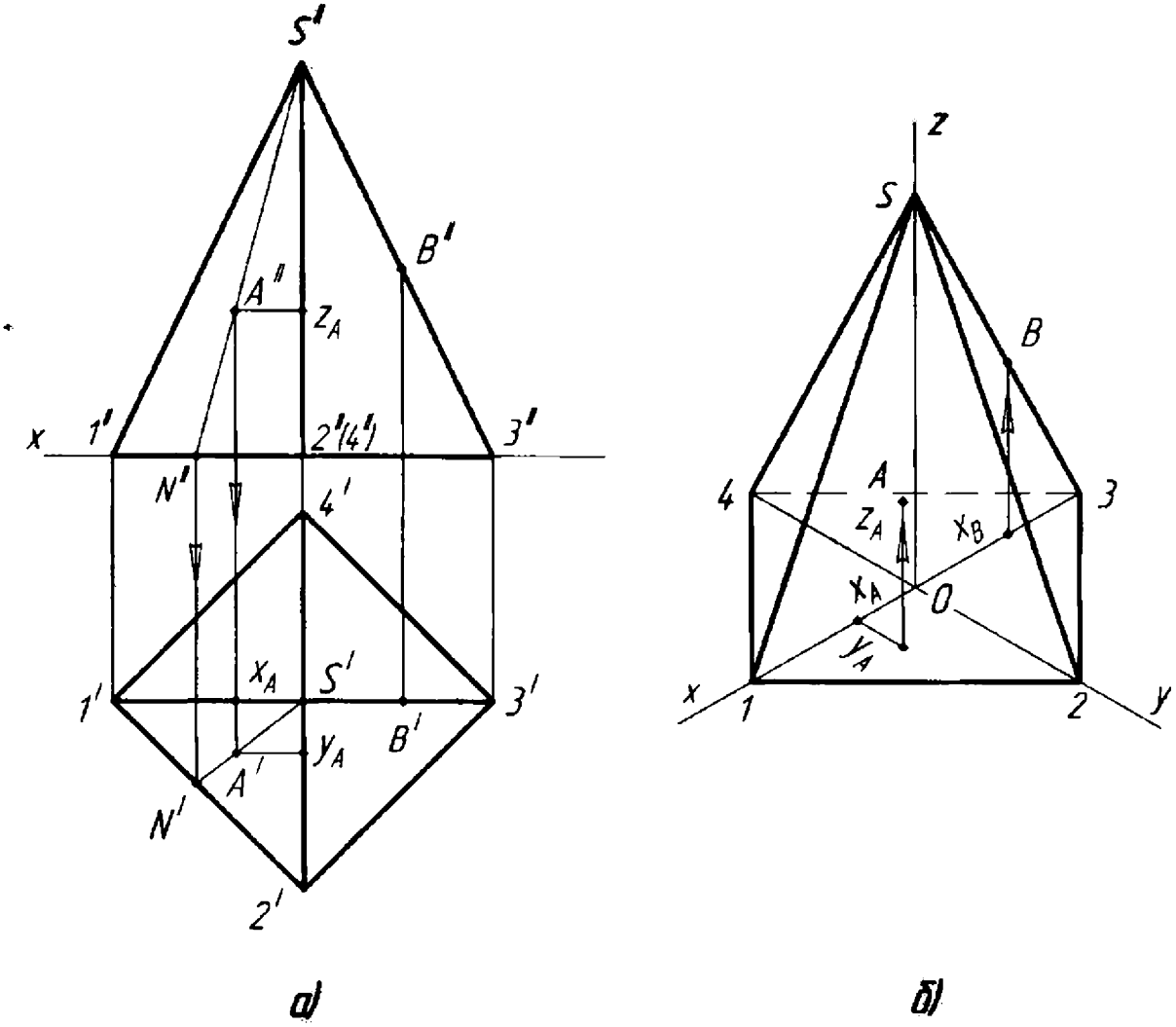


Рисунок 171

расположенную на ее грани. Горизонтальную проекцию $N'S'$ вспомогательной прямой находят, применяя линию связи. Искомая горизонтальная проекция A' точки A находится на пересечении линии связи, проведенной из точки A'' с горизонтальной проекцией $N'S'$ вспомогательной прямой.

Изометрическая проекция пирамиды выполняется следующим образом (рисунок 171, *б*).

Вначале строят основание, для чего по оси x откладывают длину диагонали *13*, а по оси y — длину диагонали *24*. Из точки O пересечения диагоналей проводят ось z и на ней откладывают высоту пирамиды. Вершину S соединяют с вершинами основания прямыми линиями — ребрами.

Изометрическую проекцию точки A, расположенной на грани пирамиды, строят по координатам, которые берут с комплексного чертежа. От начала координат O по оси x откладывают координату x_A, из ее конца параллельно оси y — координату y_A и из конца этой координаты параллельно оси z — третью координату z_A. Построение точки B, расположенной на ребре пирамиды, более простое. От точки O по оси x откладывают координату x_B и из конца ее проводят прямую, параллельную оси z, до пересечения с ребром пирамиды в точке B.

2.38 Проекции цилиндров

Боковая поверхность прямого кругового цилиндра получается вращением отрезка AB образующей вокруг оси, параллельной этому отрезку. На рисунке 172 представлена изометрическая проекция цилиндра.

Построение горизонтальной и фронтальной проекций цилиндра показано на рисунке 173, *а* и *б*.

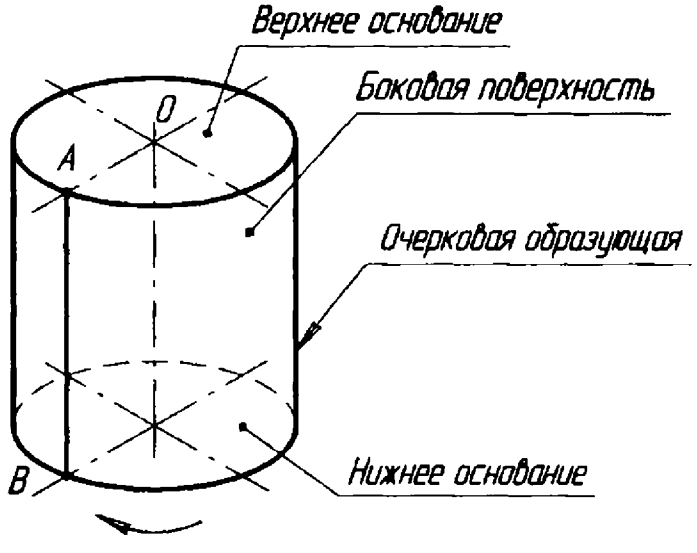


Рисунок 172

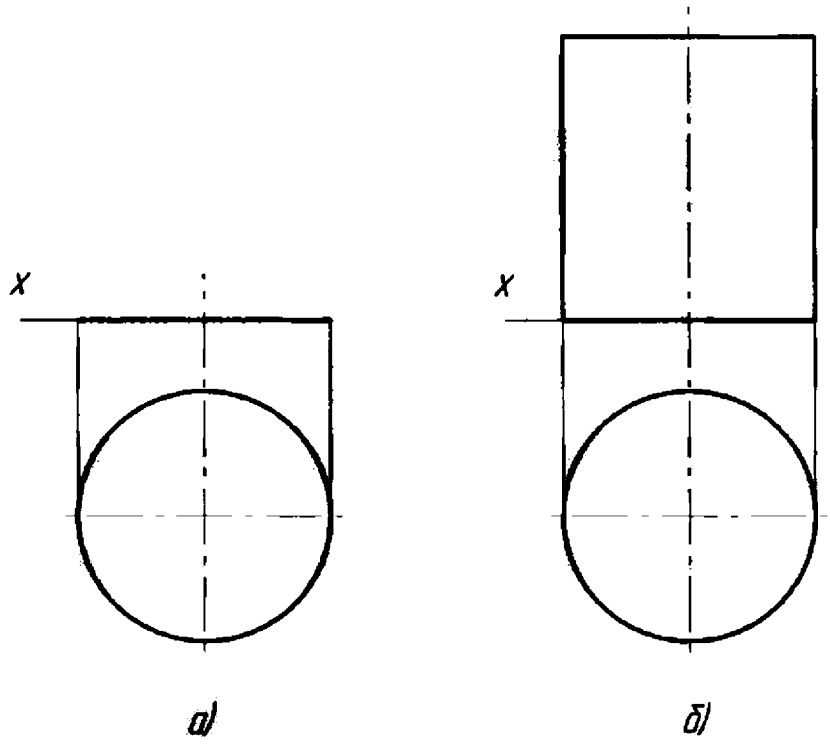


Рисунок 173

Построение начинают с изображения основания цилиндра, т. е. двух проекций окружности (рисунок 173, *а*). Так как окружность расположена на горизонтальной плоскости проекций, то она проецируется на эту плоскость без искажения. Фронтальная проекция окружности представляет собой отрезок горизонтальной прямой линии, равный диаметру окружности основания.

После построения основания на фронтальной проекции проводят две очерковые (крайние) образующие и на них откладывают высоту цилиндра. Проводят отрезок горизонтальной прямой, который является фронтальной проекцией верхнего основания цилиндра (рисунок 173, *б*).

Определение недостающих проекций точек A и B, расположенных на поверхности цилиндра, по заданным фронтальным проекциям в данном случае затруднений не вызывает, так как вся горизонтальная проекция боковой поверхности цилиндра представляет собой окружность (рисунок 174).

Следовательно, горизонтальные проекции точек A' и B' можно найти, проводя из данных точек A' и B' вертикальные линии связи до их пересечения с окружностью в искомых точках A' и B'.

Профильные проекции точек A и B строят также при помощи вертикальных и горизонтальных линий связи.

Изометрическую проекцию цилиндра вычерчивают, как показано на рисунке 175.

В изометрии точки A и B строят по их координатам. Например, для построения точки B от начала координат O по оси x откладывают коор-

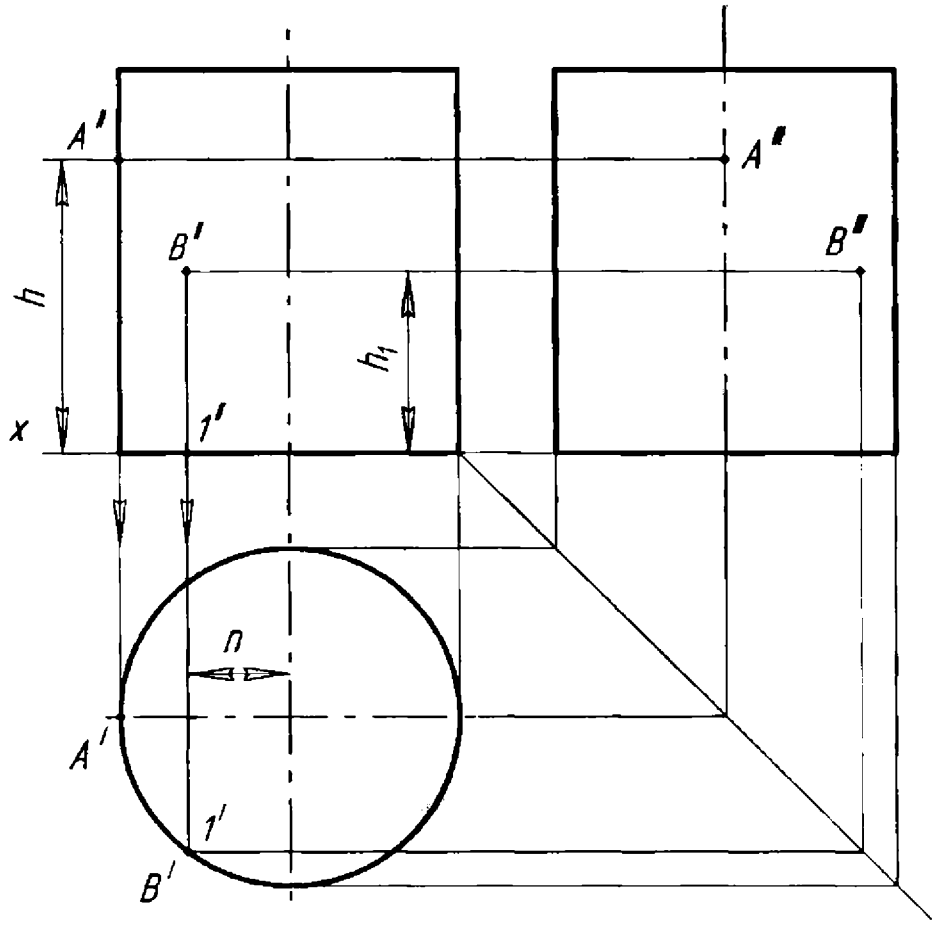


Рисунок 174

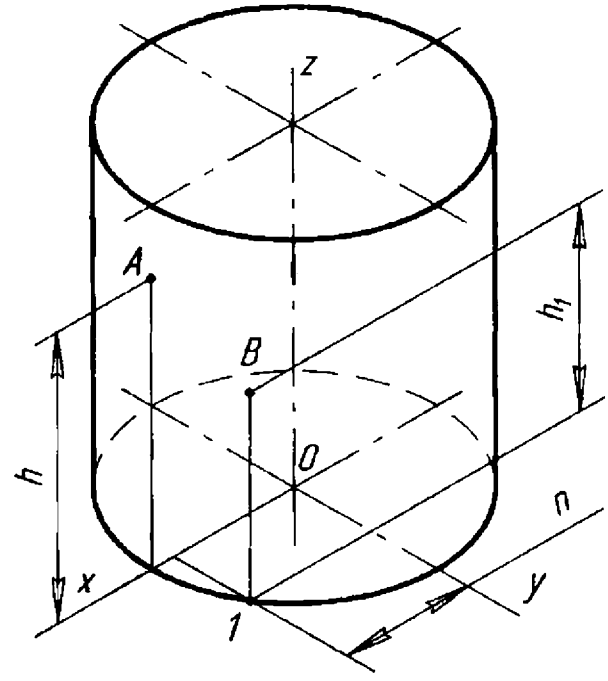


Рисунок 175

динату $x_B = n$, а затем через ее конец проводят прямую, параллельную оси y, до пересечения с контуром основания в точке *1*. Из этой точки параллельно оси z проводят прямую, на которой откладывают координату $z_B = h_1$ точки *B*.

2.39 Проекции конусов

Наглядное изображение прямого кругового конуса показано на рисунке 176. Боковая поверхность конуса получается при вращении отрезка *BS* вокруг оси конуса по направляющей — окружности основания.

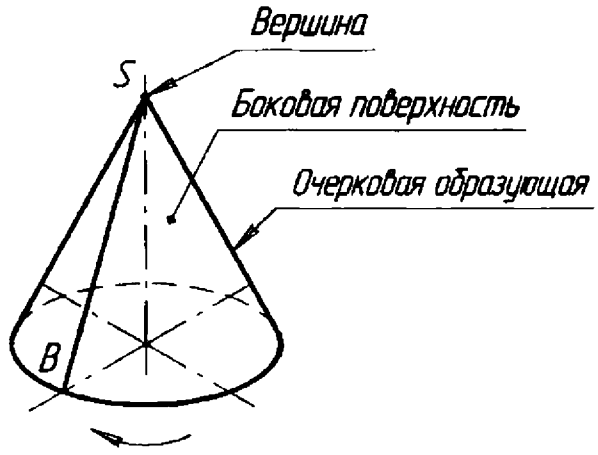


Рисунок 176

Последовательность построения двух проекций конуса показана на рисунке 177, *а* и *б*. Сначала строят две проекции основания. Горизонтальная проекция основания — окружность. Фронтальной проекцией будет отрезок горизонтальной прямой, равный диаметру этой окружности (рисунок 177, *а*). На фронтальной проекции из середины основания восставляют перпендикуляр и на нем откладывают высоту конуса (рисунок 177, *б*). Полученную фронтальную проекцию вершины конуса соединяют прямыми с концами фронтальной проекции основания и получают фронтальную проекцию конуса.

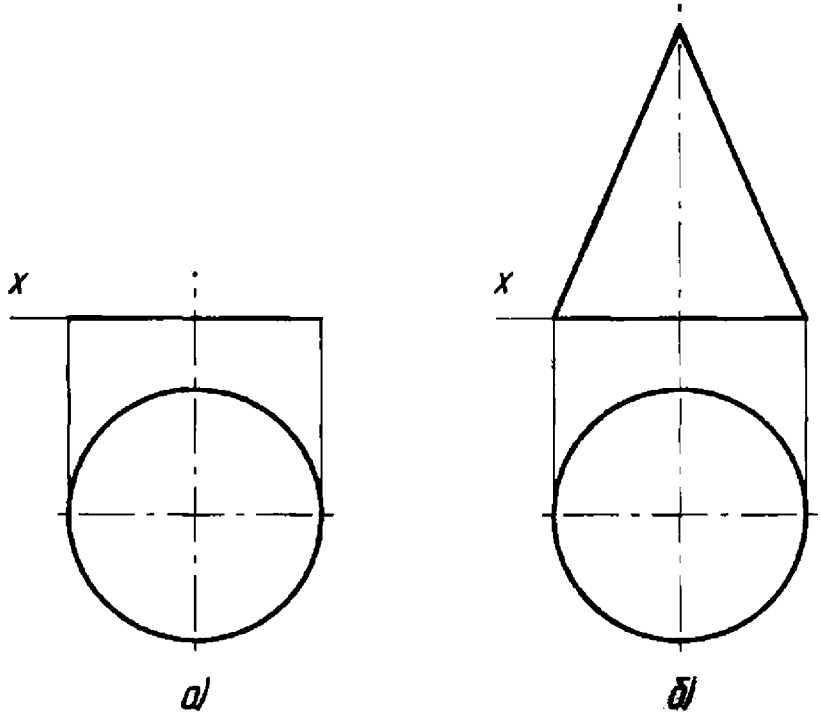


Рисунок 177

Если на поверхности конуса задана одна проекция точки A (например, фронтальная проекция на рисунке 178, *а* и *б*), то две другие проекции этой точки определяют с помощью вспомогательных линий — образующей, расположенной на поверхности конуса и проведенной через точку A, или окружности, расположенной в плоскости, параллельной основанию конуса.

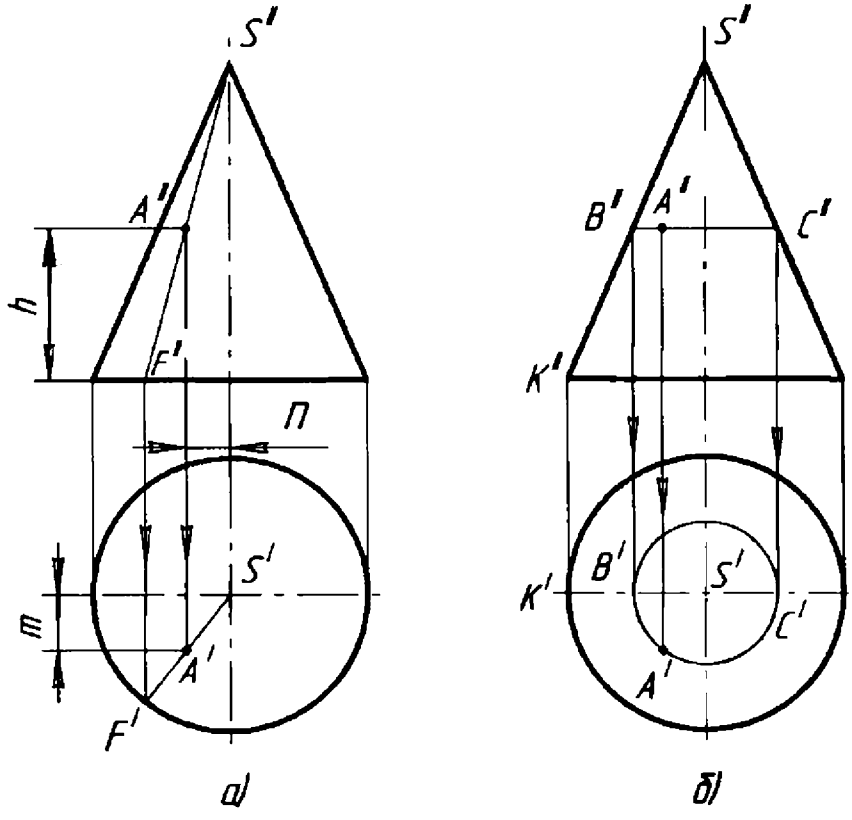


Рисунок 178

В первом случае (рисунок 178, *а*) проводят фронтальную проекцию $S''A''F''$ вспомогательной образующей. Пользуясь вертикальной линией связи, проведенной из точки F'', расположенной на фронтальной проекции окружности основания, находят горизонтальную проекцию $S'F'$ этой образующей, на которой при помощи линии связи, проходящей через A'', находят искомую точку A'.

Во втором случае (рисунок 178, *б*) вспомогательной линией, проходящей через точку A, будет окружность, расположенная на конической поверхности и параллельная горизонтальной плоскости. Фронтальная проекция этой окружности изображается в виде отрезка $B''C''$ горизонтальной прямой, величина которого равна диаметру вспомогательной окружности. Искомая горизонтальная проекция A' точки A находится на пересечении линии связи, опущенной из точки A'', с горизонтальной проекцией вспомогательной окружности.

Если заданная фронтальная проекция B'' точки B расположена на контурной (очерковой) образующей SK, то горизонтальная проекция точки находится без вспомогательных линий.

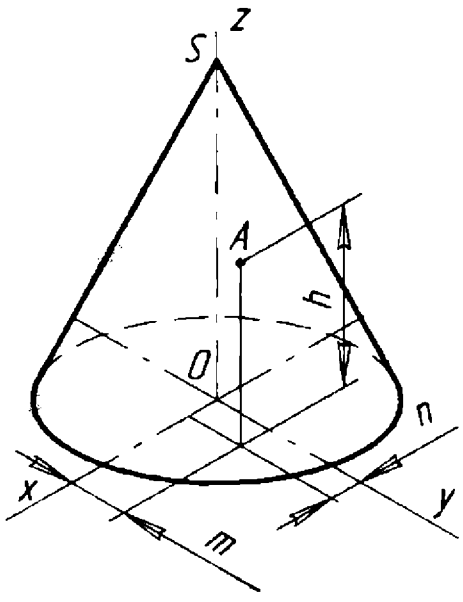


Рисунок 179

В изометрической проекции точку A, находящуюся на поверхности конуса, строят по трем координатам (рисунок 179): $x_A = n$, $y_A = m$, $z_A = h$.

Эти координаты последовательно откладывают по направлениям, параллельным изометрическим осям. В рассматриваемом примере от точки O по оси x отложена координата $x_A = n$; из конца ее параллельно оси y проведена прямая, на которой отложена координата $y_A = m$; из конца отрезка, равного m, параллельно оси z проведена прямая, на которой отложена координата $z_A = h$. В результате построений получим искомую точку A.

2.40 Проекции сферы

На рисунке 180 изображена полусфера, сферическая поверхность которой образована вращением четверти окружности AB вокруг радиуса AO.

Проекции полусферы приведены на рисунке 181. Горизонтальная проекция — окружность радиуса, равного радиусу сферы, а фронтальная — полуокружность того же радиуса.

Если точка A расположена на сферической поверхности (рисунок 182), то вспомогательная линия $B''C''$, проведенная через эту точку параллельно горизонтальной плоскости проекций, проецируется на горизонтальную плоскость проекций окружностью. На горизонтальной проекции вспомогательной окружности находят с помощью линии связи искомую горизонтальную проекцию A' точки A.

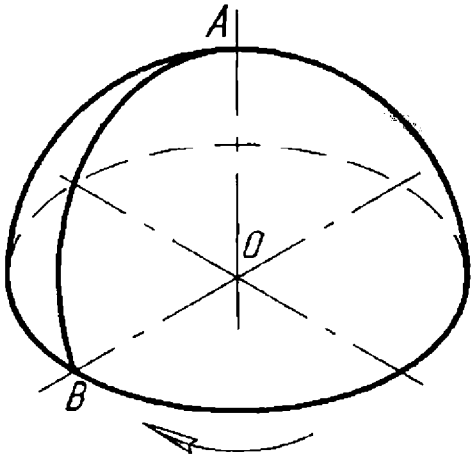


Рисунок 180

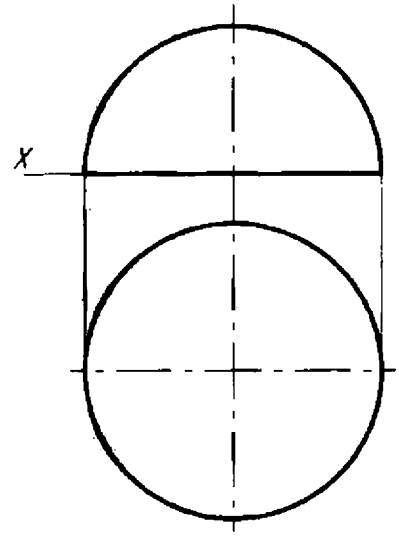


Рисунок 181

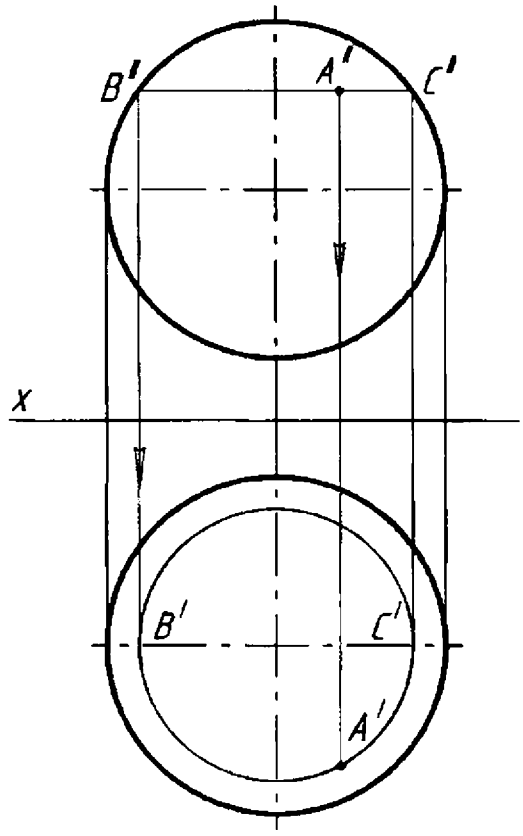


Рисунок 182

Величина диаметра вспомогательной окружности равна фронтальной проекции $B''C''$.

Вопросы для самопроверки

1. В какой последовательности строят проекции прямого кругового цилиндра и правильной шестигранной призмы, основания которых расположены на фронтальной плоскости проекций?
2. Какими приемами определяют недостающие проекции точек, лежащих на поверхностях конуса, шара?
3. Какие тела называются телами вращения?
4. Чем отличается пирамида от призмы?

2.41 Пересечение геометрических тел плоскостями и развертка их поверхностей

Детали машин и приборов очень часто имеют формы, представляющие собой различные геометрические поверхности, рассеченные плоскостями.

Задачи построения проекций таких сечений нередко встречаются при выполнении чертежей деталей машин и приборов. Кроме того, иногда необходимо выполнить развертки поверхности полых деталей, усеченных плоскостью. Это применяется в раскрое листового материала, из

которого изготавливаются полые детали. Такие детали обычно представляют собой части всевозможных трубопроводов, вентиляционных устройств, кожухов для закрытия механизмов, ограждения станков и т. п.

Рассекая геометрическое тело плоскостью, получают сечение — плоскую фигуру, ограниченную линией, все точки которой принадлежат как секущей плоскости, так и поверхности тела.

При пересечении плоскостью многогранника (например, призмы, пирамиды) в сечении получается многоугольник с вершинами, расположенными на ребрах многогранника. При пересечении плоскостью тел вращения (например, цилиндра, конуса) фигура сечения часто ограничена кривой линией. Точки этой кривой находят при помощи вспомогательных линий — прямых или окружностей, взятых на поверхности тела. Точки пересечения этих линий с секущей плоскостью будут искомыми точками контура криволинейного сечения.

2.42 Сечение призмы плоскостью

Фигура сечения прямой пятиугольной призмы фронтально-проецирующей плоскостью α'' (рисунок 183) представляет собой плоский пятиугольник *12345*.

Для построения проекций фигуры сечения находят проекции точек пересечения плоскости α'' с ребрами призмы и соединяют их прямыми линиями. Фронтальные проекции этих точек получаются при пересечении фронтальных проекций ребер призмы с фронтальным следом $f''_{0\alpha}$ секущей плоскости α'' (точки $1''$—$5''$).

Горизонтальные проекции точек пересечения $1'$—$5'$ совпадают с горизонтальными проекциями ребер. Имея две проекции этих точек, с помощью линий связи находят профильные проекции $1'''$—$5'''$. Полученные точки $1'''$—$5'''$ соединяют прямыми линиями и получают профильную проекцию фигуры сечения.

Действительный вид фигуры сечения можно определить любым из способов: вращения или перемены плоскостей проекций.

В данном примере (рисунок 183) применен способ перемены плоскостей проекций. Горизонтальная плоскость проекций заменена новой π_4, причем ось π_2/π_4 (для упрощения построений) совпадает с фронтальным следом плоскости $f''_{0\alpha}$.

Для нахождения новой горизонтальной проекции какой-либо точки фигуры сечения (например, точки 1^{IV}) необходимо выполнить следующие построения. Из точки $1''$ восставляют перпендикуляр к новой оси π_2/π_4 и откладывают на нем расстояние от прежней оси x до прежней горизонтальной проекции точки $1'$, т. е. отрезок n. В результате получают точку 1^{IV}. Так же находят и новые горизонтальные проекции точек *2*—*5*. Соединив прямыми линиями новые горизонтальные проекции 1^{IV}—5^{IV}, получают действительный вид фигуры сечения.

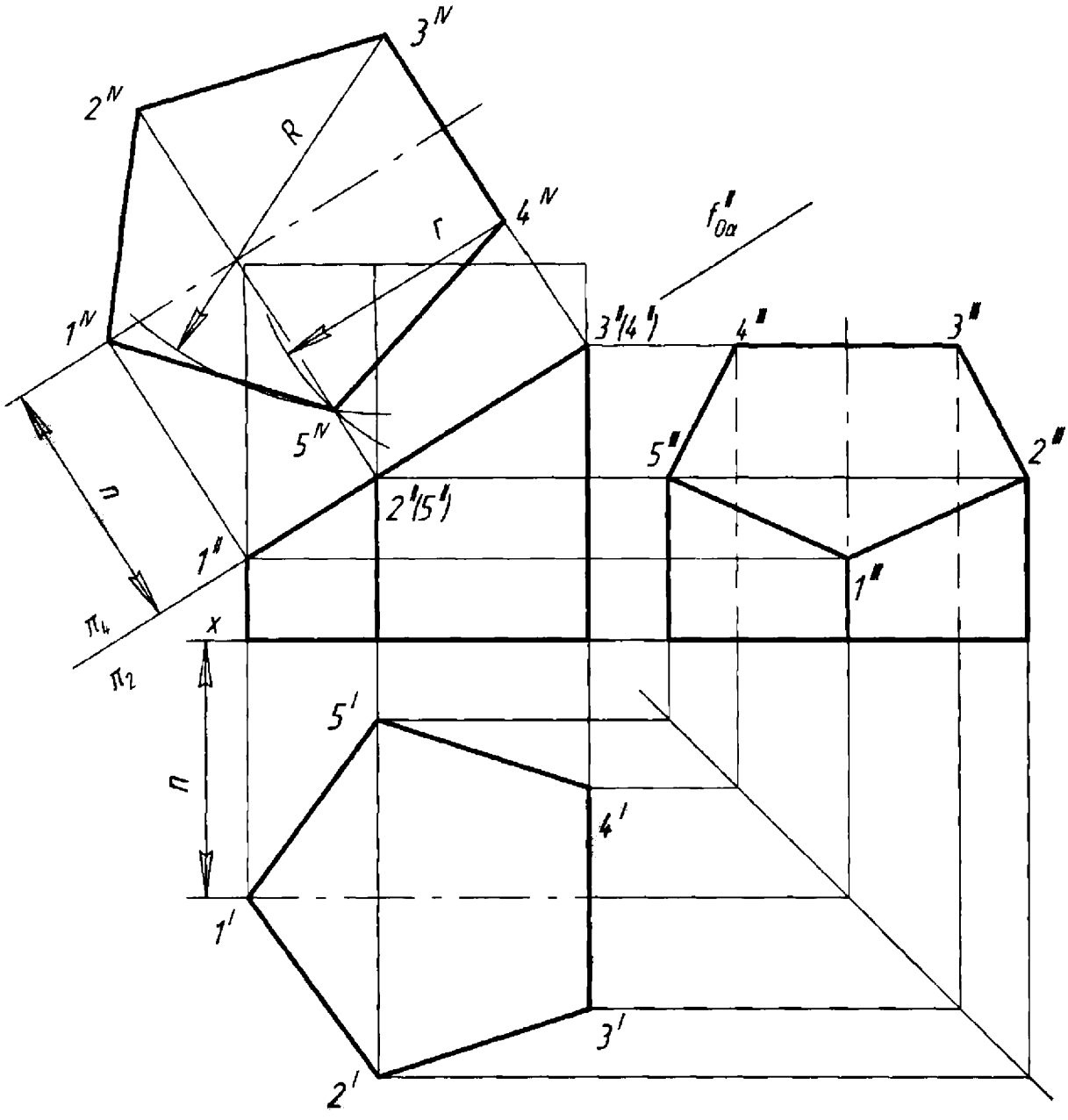


Рисунок 183

Разверткой называется плоская фигура, полученная при совмещении поверхности геометрического тела с одной плоскостью (без наложения граней или иных элементов поверхности друг на друга).

Развертку боковой поверхности (рисунок 184) с основанием и фигурой сечения призмы строят следующим образом. Проводят прямую, на которой откладывают пять отрезков, равных длинам сторон пятиугольника, лежащего в основании призмы. Из полученных точек проводят перпендикуляры, на которых откладывают действительные длины ребер усеченной призмы, беря их с фронтальной или профильной проекции (рисунок 183), получают развертку боковой поверхности призмы.

К развертке боковой поверхности пристраивают фигуру нижнего основания — пятиугольник и фигуру сечения. При этом используют метод триангуляции. На рисунке 184 показано построение вершины 5^0 методом триангуляции. Линии сгиба по ГОСТ 2.303—68 показывают на развертке штрих-пунктирной линией с двумя точками.

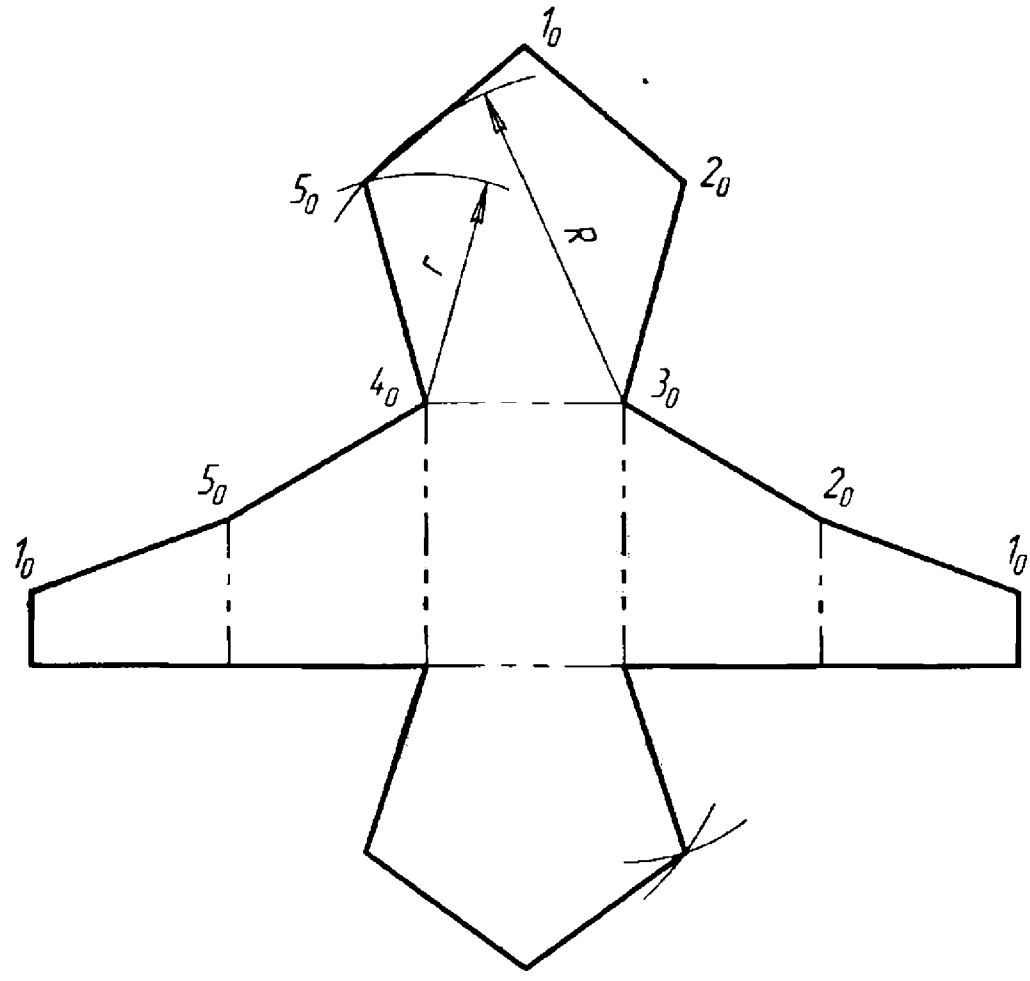


Рисунок 184

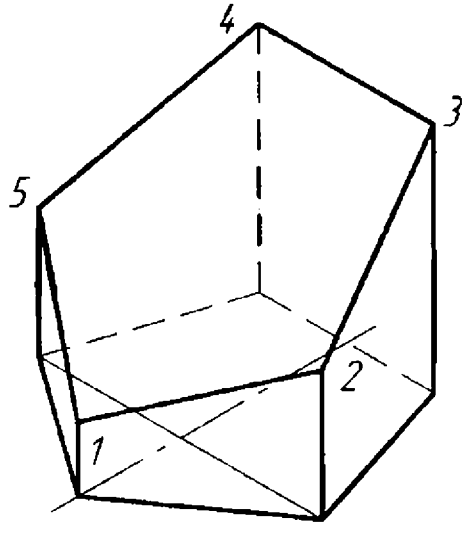


Рисунок 185

Для наглядности выполним построение усеченного тела в аксонометрической проекции. На рисунке 185 построена изометрическая проекция усеченной призмы. Порядок построения изометрической проекции следующий. Строят изометрическую проекцию основания призмы; проводят в вертикальном направлении линии ребер, на которых от основания откладывают их действительные длины, взятые с фронтальной или профильной проекции призмы. Полученные точки *1—5* соединяют прямыми линиями.

2.43 Сечение цилиндра плоскостью

Построение сечения прямого кругового цилиндра аналогично построению сечения призмы, так как прямой круговой цилиндр можно рассматривать как прямую призму с бесчисленным количеством ребер — образующих цилиндра.

Выполнение чертежа начинают с построения трех проекций прямого кругового цилиндра. На поверхности цилиндра проводят несколько равномерно расположенных образующих, в данном примере двенадцать. Для этого горизонтальную проекцию основания делят на 12 равных частей. С помощью линий связи проводят фронтальные проекции образующих цилиндра (рисунок 186).

Из комплексного чертежа видно, что плоскость α'' пересекает не только боковую поверхность, но и верхнее основание цилиндра. Как известно, плоскость, расположенная под углом к оси цилиндра, пересекает его по эллипсу. Следовательно, фигура сечения в данном случае представляет собой часть эллипса (рисунок 186).

Фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальным следом $f''_{0\alpha}$ плоскости α''. Горизонтальная проекция этой фигуры совпадает с горизонтальной проекцией основания цилиндра.

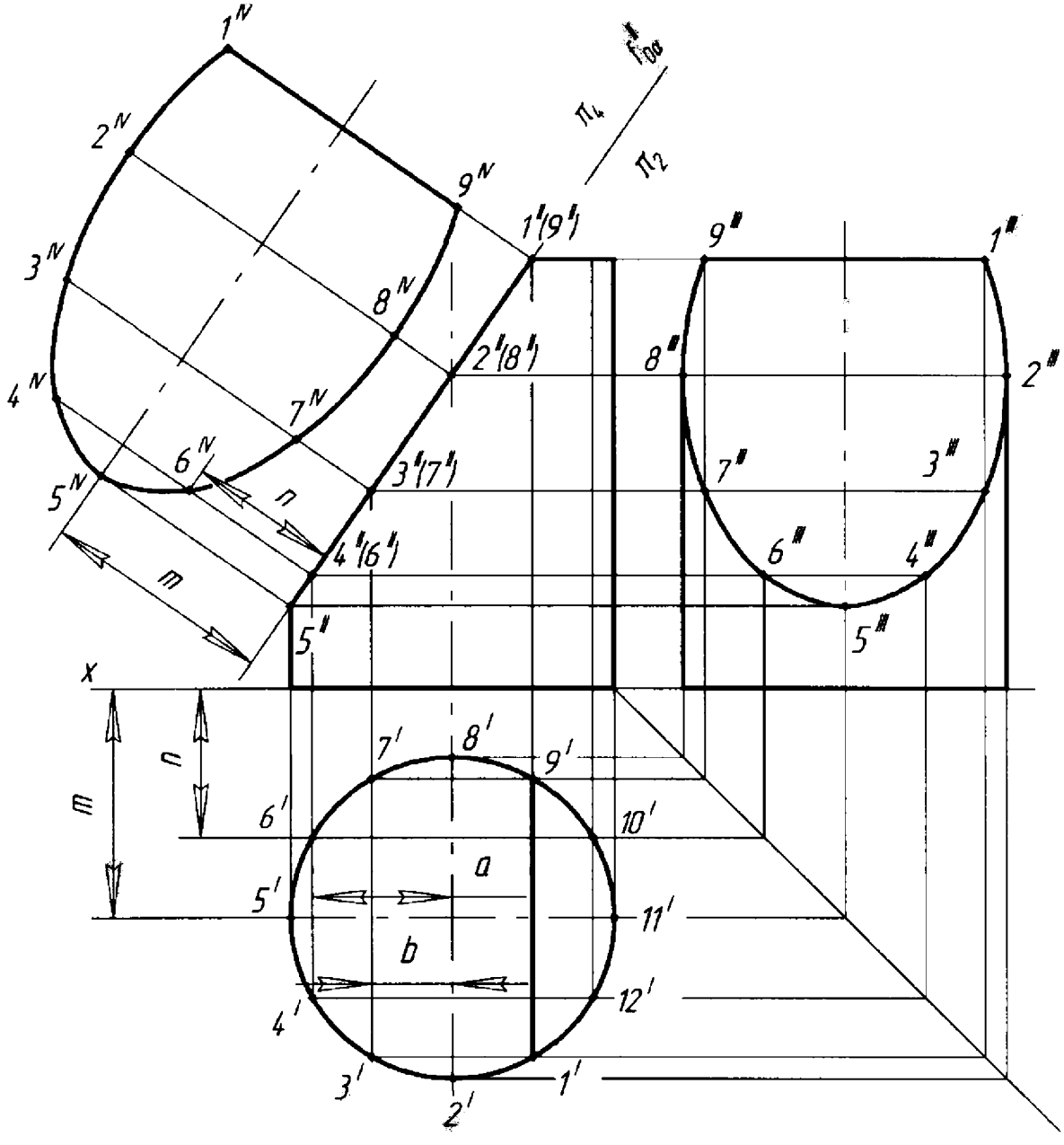


Рисунок 186

Профильная проекция фигуры сечения представляет собой проекцию части эллипса и может быть построена по нескольким точкам, которые строятся с помощью линий связи по горизонтальной и фронтальной проекциям фигуры сечения. Полученные таким образом профильные проекции точек фигуры сечения соединяют кривой по лекалу.

Действительный вид фигуры сечения получен на рисунке 186 способом перемены плоскостей проекций. Горизонтальная плоскость проекций заменена новой. Новая ось проекций π_2/π_4 может быть проведена параллельно следу $f''_{0\alpha}$ на произвольном расстоянии, но для упрощения построений она выполнена совпадающей с $f''_{0\alpha}$. От оси π_2/π_4 откладывают отрезки $5''5^{IV} = 5'5_X$, $6''6^{IV} = 6'6_X$, т. е. отрезки ***m*** и ***n*** и т. д., так как расстояние от новой проекции этой точки до новой оси проекций равно расстоянию от прежней проекции этой точки до прежней оси проекций.

Развертка боковой поверхности усеченного цилиндра с основанием и фигурой сечения показана на рисунке 187.

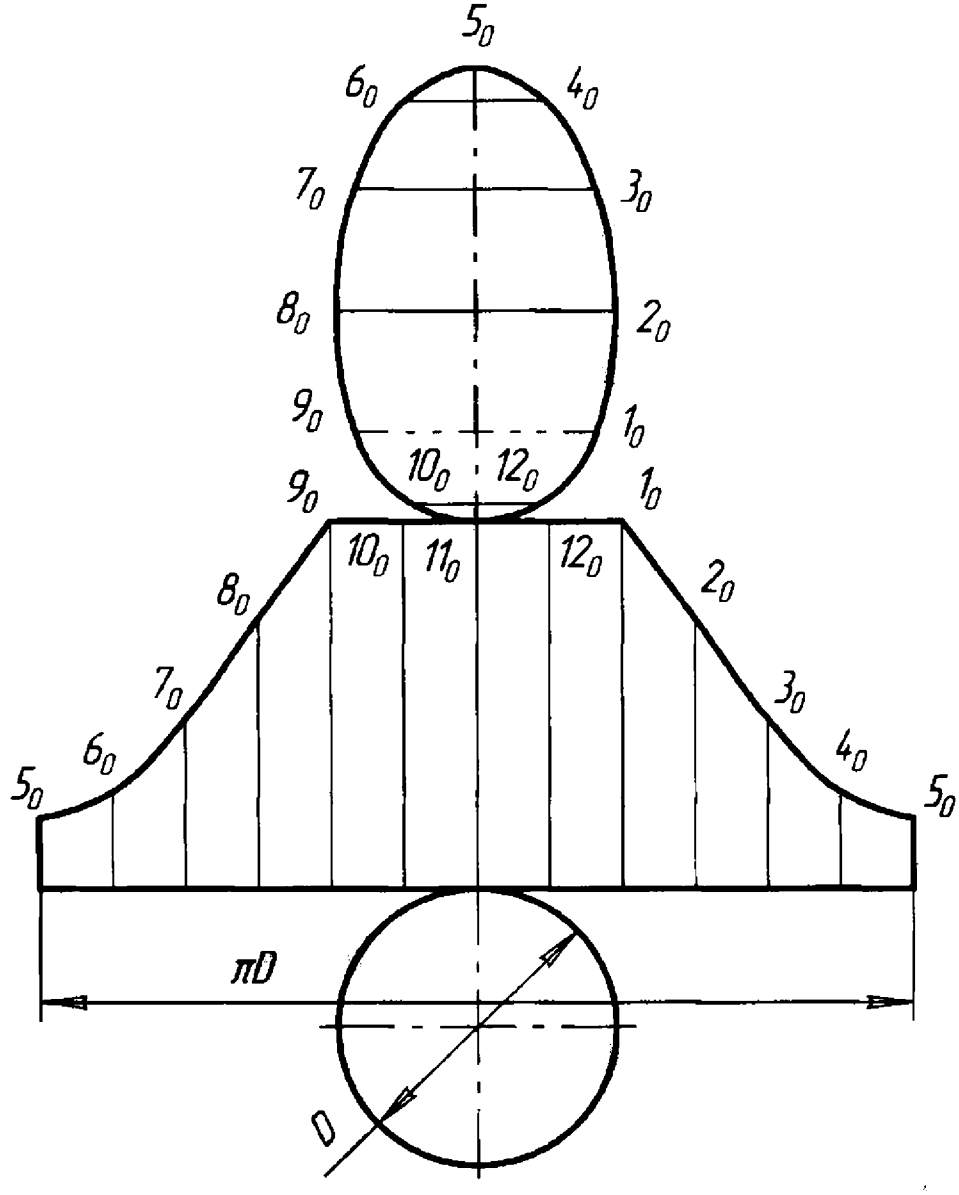


Рисунок 187

Для построения развертки на горизонтальной прямой откладывают длину окружности основания, равную πd, и делят ее на 12 равных частей. Из точек деления восставляют перпендикуляры к отрезку πd, на них откладывают действительные длины образующих цилиндра от основания до секущей плоскости α'', которые взяты с фронтальной или профильной проекции цилиндра. Полученные точки $1_0...9_0$, соединяют по лекалу плавной кривой. Затем фигуру сечения соединяют с частью верхнего основания цилиндра, ограниченного хордой $1_0 9_0$ (сегмент), а фигуру нижнего основания цилиндра (окружность) соединяют с нижней частью развертки.

Изометрическую проекцию усеченного цилиндра строят следующим образом (рисунок 188).

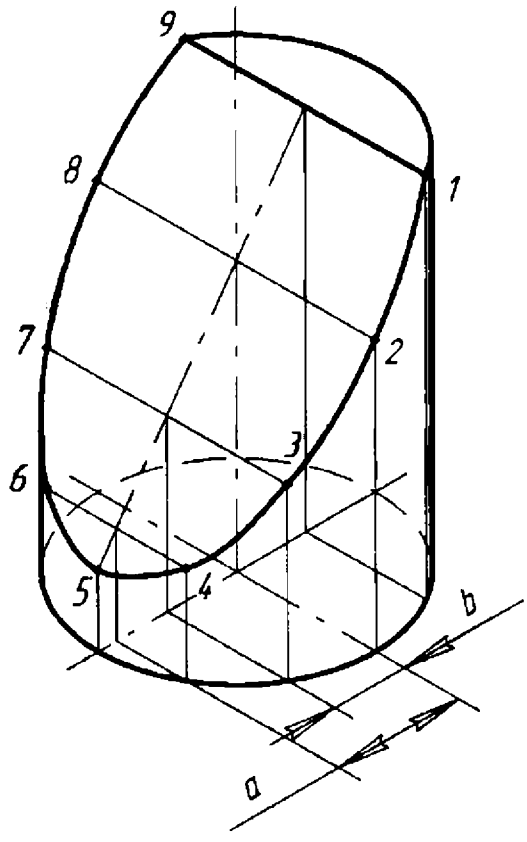


Рисунок 188

Сначала строят изометрию нижнего основания (эллипс) и части верхнего основания — сегмента (часть эллипса). На диаметре окружности нижнего основания от центра откладывают отрезки a, b и т. д., взятые с горизонтальной проекции основания (рисунок 186). Затем из намеченных точек проводят прямые, параллельные оси цилиндра до пересечения с осью эллипса.

Через полученные точки проводят прямые, параллельные оси y, и на них откладывают отрезки, взятые с действительного вида сечения. Полученные точки соединяют по лекалу. Заканчивают построение проведением очерковых образующих, касательных к основаниям эллипса.

2.44 Сечение пирамиды плоскостью

Правильная шестиугольная пирамида, пересеченная фронтально-проецирующей плоскостью α'', показана на рисунке 189.

Как и в предыдущих примерах, фронтальная проекция сечения совпадает с фронтальным следом $f''_{0\alpha}$ плоскости. Горизонтальную и профильную проекции фигуры сечения строят по точкам, которые являются точками пересечения плоскости α'' с ребрами пирамиды. Действительный вид фигуры сечения в этом примере найдем способом перемены плоскостей проекций.

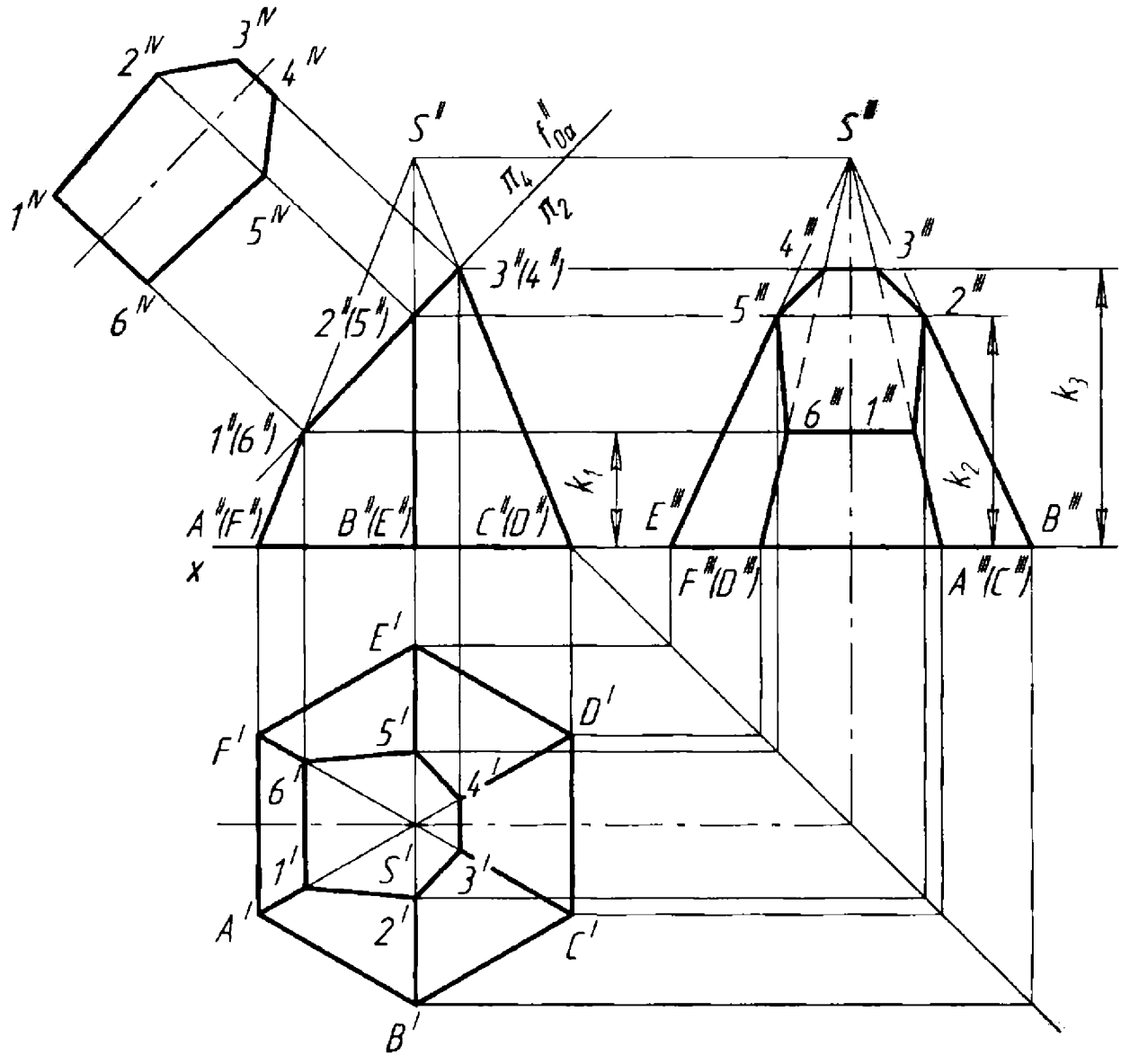


Рисунок 189

Развертка боковой поверхности усеченной пирамиды с фигурой сечения и фигурой основания приведена на рисунке 190.

Сначала строят развертку неусеченной пирамиды, все грани которой, имеющие форму треугольника, одинаковы. На плоскости намечают точку S_0 (вершину пирамиды) и из нее, как из центра, проводят дугу

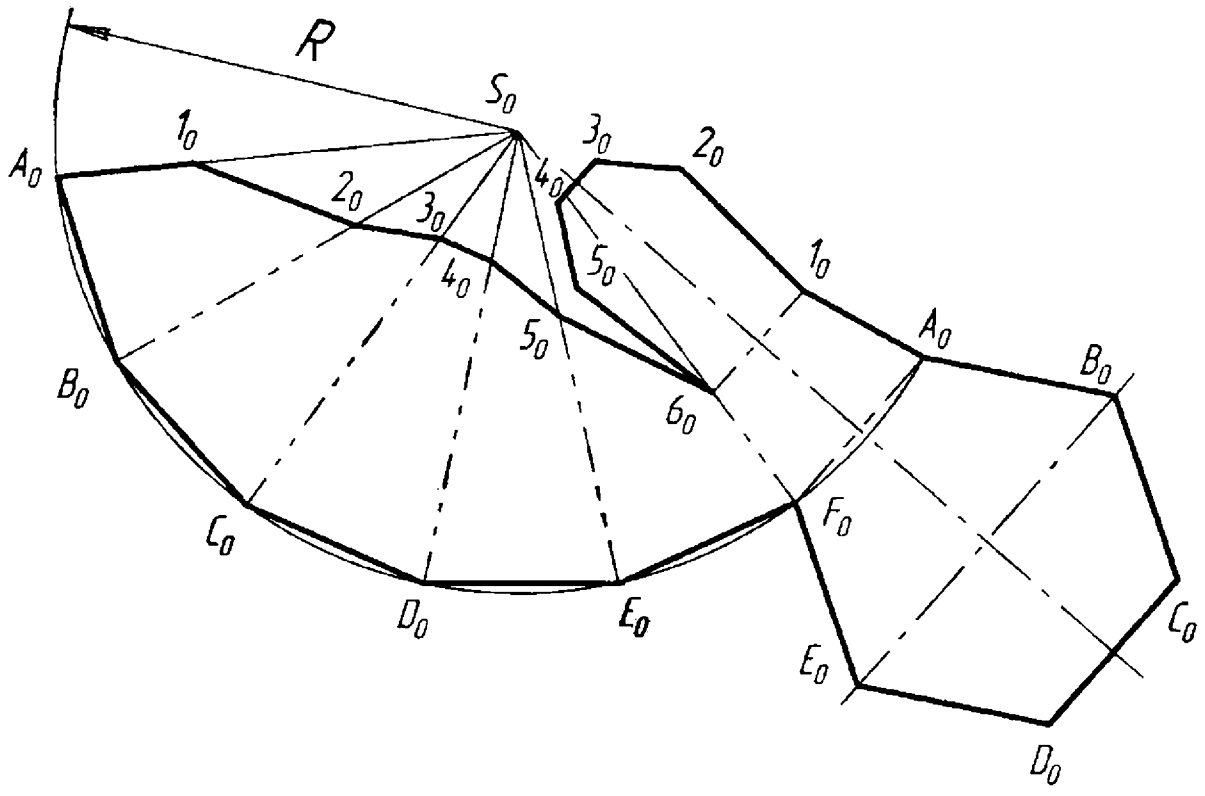


Рисунок 190

окружности радиусом R, равным действительной длине бокового ребра пирамиды. Действительную длину ребра можно определить по профильной проекции пирамиды, например отрезки $S'''E'''$ или $S'''B'''$, так как эти ребра параллельны профильной плоскости и изображаются на ней действительной длиной. Далее по дуге окружности от любой точки, например A_0, откладывают шесть одинаковых отрезков, равных действительной длине стороны шестиугольника — основания пирамиды. Действительную длину стороны основания пирамиды получаем на горизонтальной проекции (отрезок $A'B'$). Точки A_0—E_0 соединяют прямыми с вершиной S_0. Затем от вершины S_0 на этих прямых откладывают действительные длины отрезков ребер до секущей плоскости.

На профильной проекции усеченной пирамиды имеются действительные длины только двух отрезков — $S'''5'''$ и $S''2'''$. Действительные длины остальных отрезков определяют способом вращения их вокруг оси, перпендикулярной к горизонтальной плоскости и проходящей через вершину S.

Полученные точки 1_0, 2_0, 3_0 и т. д. соединяют прямыми и пристраивают фигуры основания и сечения, пользуясь методом триангуляции. Линии сгиба на развертке проводят штрих-пунктирной линией с двумя точками.

Построение изометрической проекции усеченной пирамиды начинают с построения изометрической проекции основания пирамиды по размерам, взятым с горизонтальной проекции комплексного чертежа. Затем на плоскости основания по координатам точек $1'$—$6'$ строят горизонтальную проекцию сечения (тонкие линии на основании пирами-

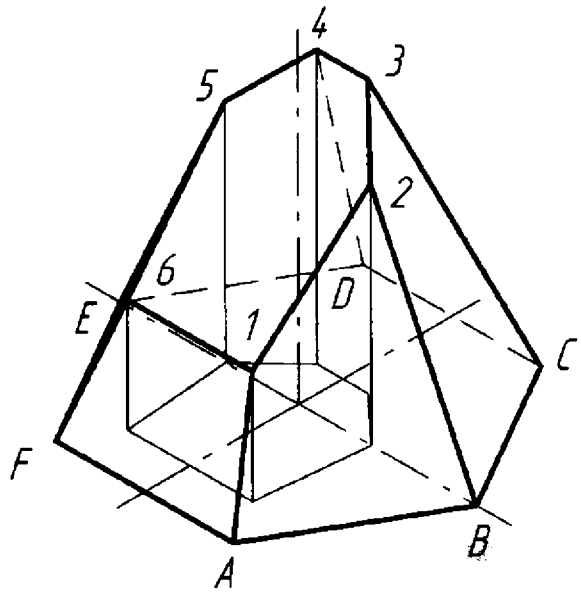


Рисунок 191

ды, рисунок 191). Из вершины полученного шестиугольника проводят вертикальные прямые, на которых откладывают координаты, взятые с фронтальной или профильной проекции призмы, например, отрезки K_1, K_2, K_3 и т. д. Полученные точки *1—6* соединяем, получаем фигуру сечения. Соединив точки *1—6* с вершинами шестиугольника, основания пирамиды, получим изометрическую проекцию усеченной пирамиды. Невидимые ребра изображают штриховыми линиями.

2.45 Сечение прямого кругового конуса плоскостью

В зависимости от расположения секущей плоскости α по отношению к оси прямого кругового конуса получаются различные фигуры сечения, ограниченные кривыми линиями.

Сечение прямого кругового конуса фронтально-проецирующей плоскостью α'' рассматривается на рисунке 192. Основание конуса расположено на горизонтальной плоскости. Фигура сечения в данном случае будет ограничена эллипсом.

Фронтальная проекция фигуры сечения расположена на фронтальном следе плоскости $f''_{0\alpha}$.

Для построения горизонтальной проекции контура фигуры сечения горизонтальную проекцию основания конуса (окружность) делят, например, на 12 равных частей. Через точки деления на горизонтальной и фронтальной проекциях проводят вспомогательные образующие. Сначала находят фронтальные проекции точек сечения *1''—12''*, лежащих на плоскости $f''_{0\alpha}$. Затем с помощью линий связи находят их горизонтальные проекции. Например, фронтальная проекция точки *2''*, расположенная на образующей *S''2''*, проецируется на горизонтальную проекцию этой же образующей в точку *2'*.

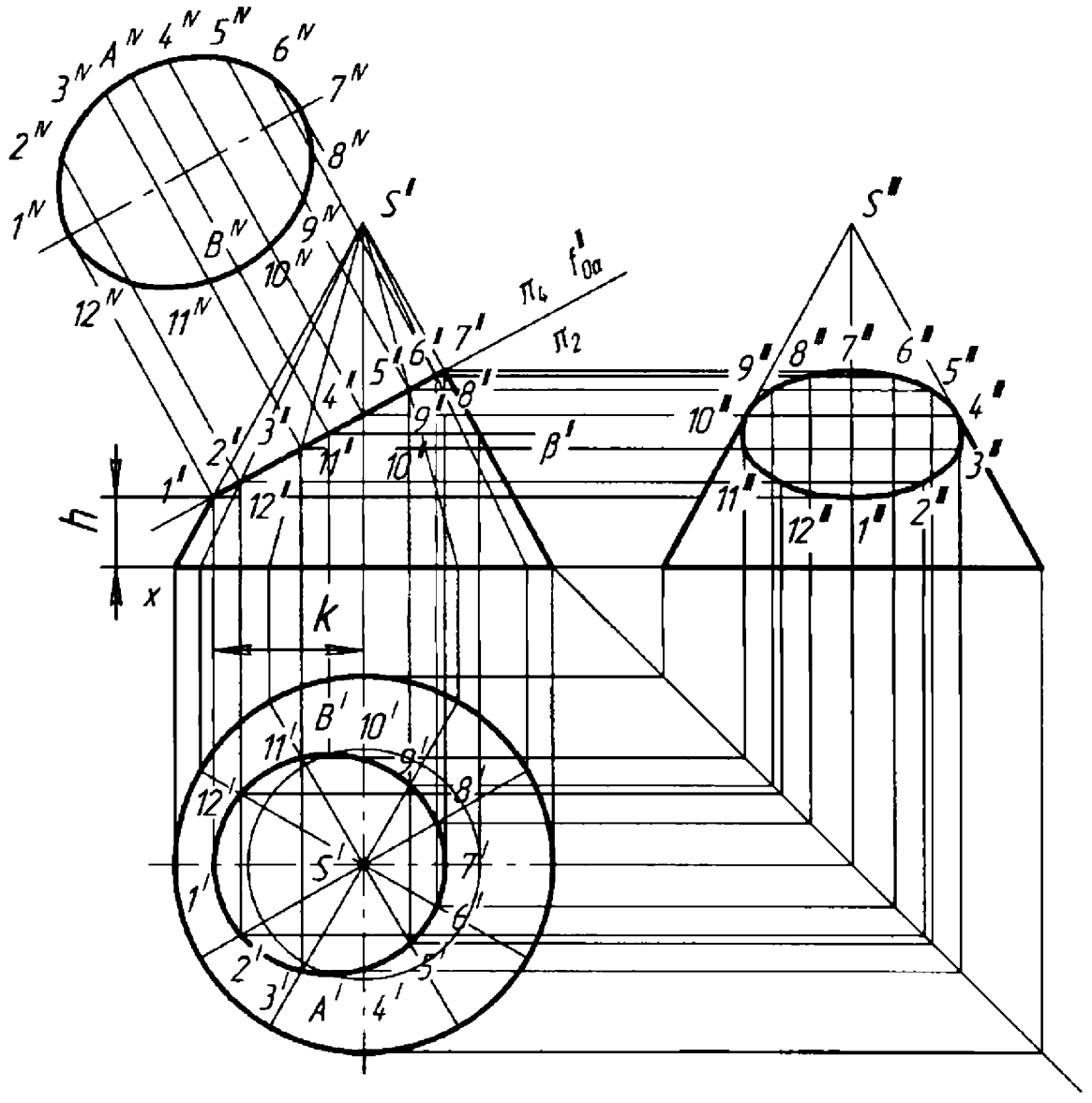


Рисунок 192

Найденные горизонтальные проекции точек контура сечения соединяют по лекалу. Действительный вид фигуры сечения в данном примере найден способом перемены плоскости проекций. Плоскость π_1 заменяется новой плоскостью проекции π_4.

На фронтальной плоскости проекции π_2 фигура сечения — эллипс изображается в виде прямой *1''7''*, совпадающей с фронтальной проекцией секущей плоскости α''. Эта прямая *1''7''* является большой осью эллипса. Малая ось эллипса перпендикулярна к большой оси *1''7''* и проходит через ее середину. Чтобы найти малую ось сечения, через середину большой оси *1''7''* эллипса проводят горизонтальную плоскость β'', которая рассечет конус по окружности, диаметр которой будет равняться малой оси эллипса.

Чтобы получить новую горизонтальную проекцию какой-либо точки эллипса, например точки 2^{IV}, из точки *2''* восставляют перпендикуляр и откладывают на нем отрезок, равный расстоянию от горизонтальной проекции точки *2'* до оси *x*.

Построение развертки поверхности конуса (рисунок 193) начинают с проведения дуги окружности радиусом, равным длине образующей конуса из точки S_0. Длина дуги определяется по формуле (1) углом α:

$$\alpha = 180° \frac{d}{l}, \qquad (1)$$

где d — диаметр окружности основания конуса в мм;

l — длина образующей конуса в мм.

Дугу делят на 12 частей, и полученные точки соединяют с вершиной S_0. От вершины S_0 откладывают действительные длины отрезков образующих от вершины конуса до секущей плоскости α.

Действительные длины этих отрезков находят, как и в примере с пирамидой, способом вращения около вертикальной оси, проходящей через вершину конуса.

К развертке конической поверхности пристраивают фигуры сечения и основания конуса.

Построение изометрической проекции усеченного конуса (рисунок 194) начинают с построения основания — эллипса. Изометриче-

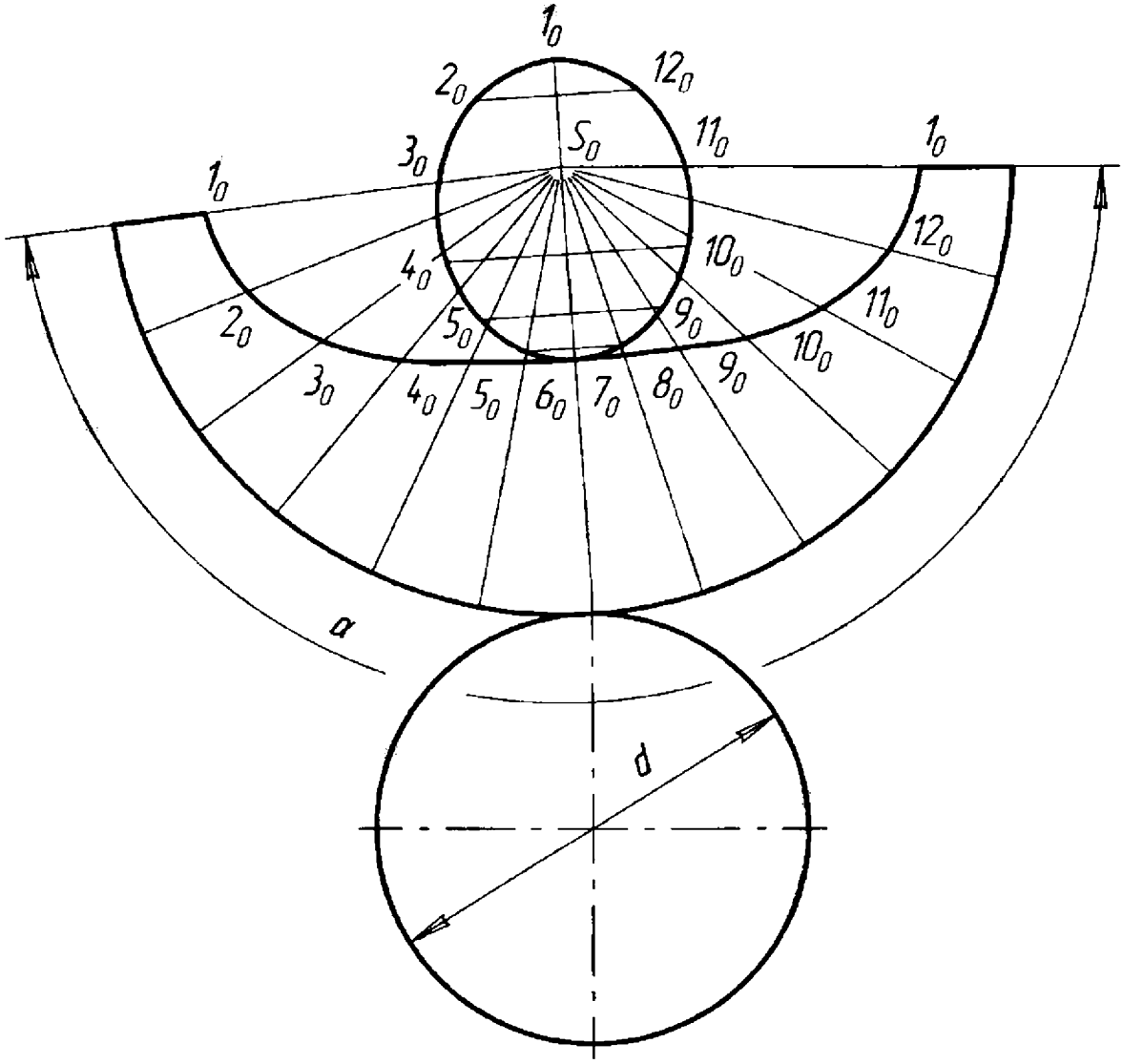


Рисунок 193

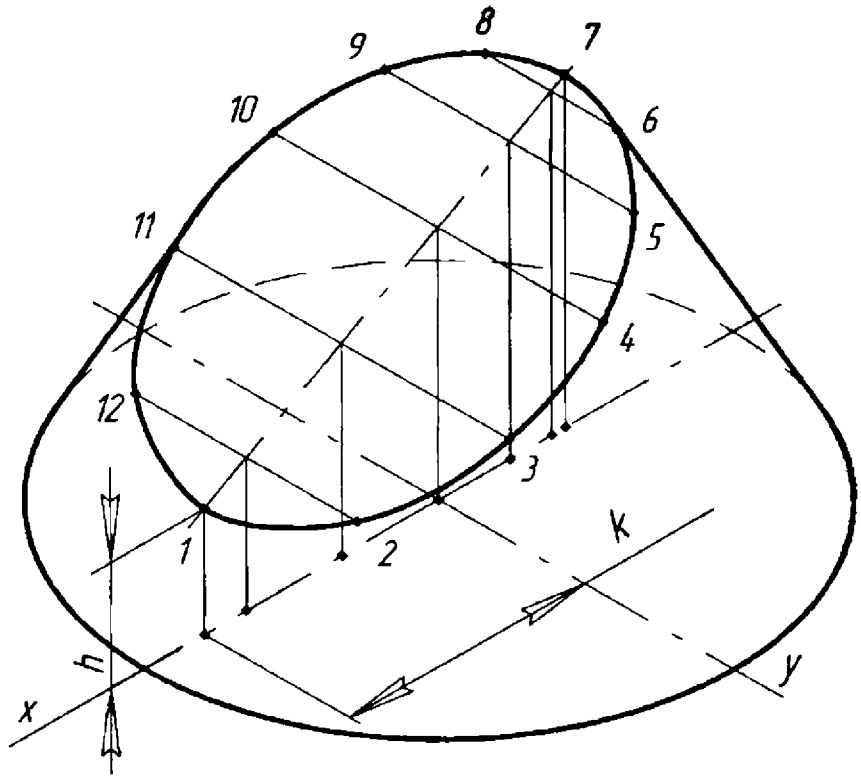


Рисунок 194

скую проекцию любой точки кривой сечения находят при помощи трех координат, как показано на рисунке 194.

На оси x откладывают координаты точек *1*—*7*, взятые с горизонтальной проекции конуса, например, для точки *1* размер k (рисунок 192). Из полученных точек проводят вертикальные прямые, на которых откладывают координаты z, взятые с фронтальной проекции, например, для точки *1* размер h (рисунок 192). Через полученные на наклонной оси эллипса точки проводят прямые, параллельные оси y, и на них откладывают отрезки *6'8'*, *4'10'* и т. д., взятые на горизонтальной проекции.

Найденные точки соединяют по лекалу. Крайние очерковые образующие проводят по касательной к контуру основания конуса и эллипса.

Вопросы для самопроверки

1. Как определяется на комплексном чертеже действительный вид сечения?
2. Какими линиями на чертеже изображаются линии сгиба разверток?
3. Что показывают в сечении?
4. В каком случае фигура сечения цилиндра ограничена эллипсом?

2.46 Взаимное пересечение поверхностей тел

Конструкции деталей можно рассматривать как сочетание различных геометрических тел. Необходимо уметь строить линии пересечения поверхностей этих тел.

В зависимости от вида поверхностей тел линии пересечения могут быть лекальными кривыми или ломаными. Для решения задач на построение линий пересечения поверхностей необходимо предварительно усвоить построение точек пересечения прямой с поверхностями различных геометрических тел.

Если прямая пересекается с поверхностью тела, получаются две точки, одновременно принадлежащие как поверхности тела, так и прямой линии. Такие точки называются точками входа и выхода.

Для нахождения этих точек выполняются построения в следующем порядке.

Через данную прямую проводят вспомогательную плоскость (обычно проецирующую). Например, на рисунке 195, где изображено пересечение прямой AB с поверхностью пирамиды, через прямую проведена вспомогательная горизонтально-проецирующая плоскость α'. Затем находят линии пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью данного геометрического тела (линии KC и ED). На пересечении полученных линий с заданной прямой находят искомые точки (точки N и M).

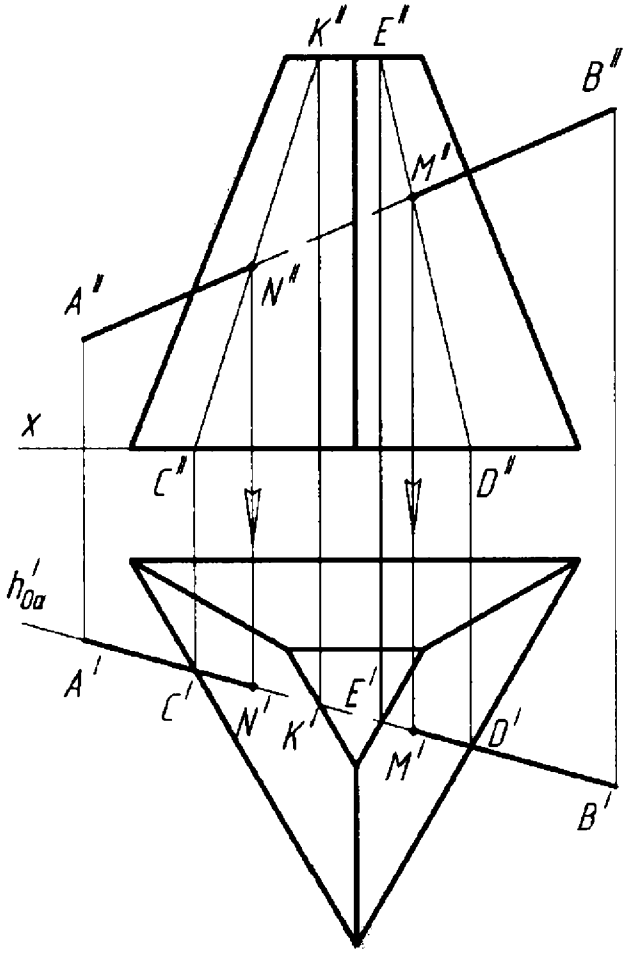


Рисунок 195

На комплексном чертеже точки входа и выхода определяют следующим образом (рисунок 195). Горизонтальные проекции $K'C'$ и $E'D'$ прямых KC и ED совпадают с горизонтальным следом плоскости $h^1_{0\alpha}$. Фронтальные проекции точек K'', C'', E'' и D'' определяют, пользуясь

вертикальными линиями связи, проведенными из точек K', C', E' и D' до пересечения с фронтальными проекциями оснований пирамиды. Соединяют точку K'' с C'' и E'' с D'' прямыми. На пересечении фронтальных проекций найденных прямых с проекцией $A''B''$ данной прямой получают фронтальные проекции N''и M'' искомых точек входа и выхода. Проведя через них вертикальные линии связи, находят горизонтальные проекции N' и M' этих точек.

В некоторых частных случаях можно обойтись без применения вспомогательной плоскости. Например, точки входа и выхода прямой AB с поверхностью прямого кругового цилиндра (рисунок 196) определяют следующим образом.

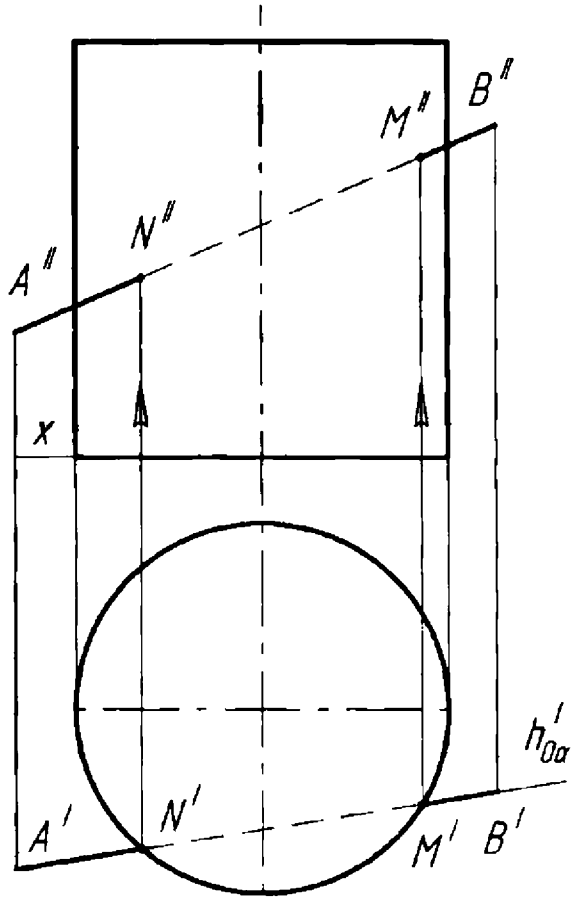


Рисунок 196

Горизонтальная проекция цилиндрической поверхности представляет собой окружность, поэтому горизонтальные проекции всех точек, расположенных на цилиндрической поверхности, в том числе и двух искомых точек будут расположены на этой окружности.

Фронтальные проекции N'' и M'' искомых точек определяют, проводя через точки N' и M' вертикальные линии связи до встречи с данной фронтальной проекцией $A''B''$ прямой AB.

На рисунке 197 показано построение точек входа и выхода прямой AB и поверхности прямого кругового конуса. Через прямую AB проводят вспомогательную плоскость α, проходящую через вершину конуса. Плоскость α пересечет конус по образующим SH_3 и SH_4.

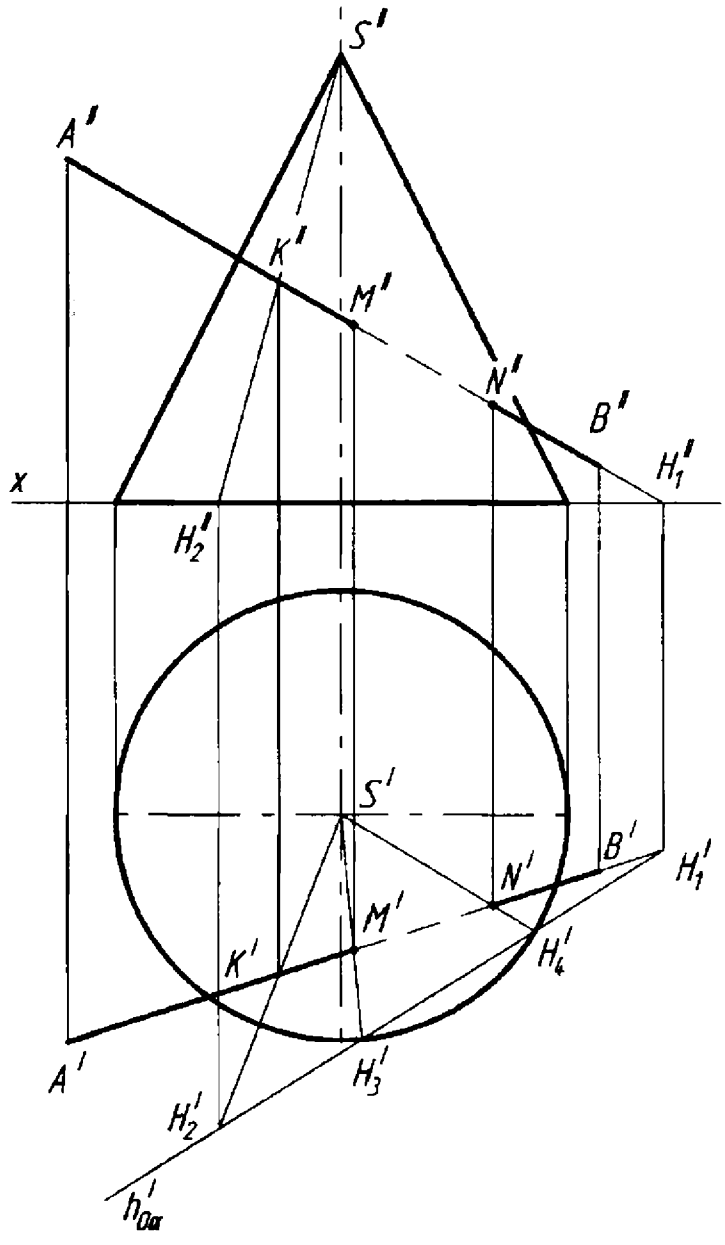


Рисунок 197

На комплексном чертеже изображение плоскости α строят следующим образом. На прямой AB берут произвольную точку K и соединяют ее с вершиной S конуса прямой линией. Две пересекающиеся прямые AB и SK определяют плоскость α.

Чтобы найти точки входа и выхода, необходимо построить горизонтальные проекции образующих SH_3 и SH_4. Для этого продолжим $S''K''$ и $A''B''$ до пересечения с осью x в точках H_1'' и H_2''. Опустим линию связи из точки K'' до пересечения с $A'B'$, полученную точку K' соединим с S'. Продлим горизонтальную проекцию прямой $S'K'$ до пересечения с линией связи, опущенной из точки H_2'', получим точку H_2'. Из точки H_1'' проведем линию связи до пересечения с продолжением прямой $A'B'$, получим точку H_1'. Через точки H_1' и H_2' пройдет горизонтальный след плоскости $h_{0\alpha}'$.

Основание конуса является горизонтальным следом конической поверхности. Поэтому, определив точки пересечения этого следа со сле-

дом $h'_{0\alpha}$ плоскости α, можно найти и те две образующие, по которым коническая поверхность пересекается вспомогательной плоскостью α. На комплексном чертеже горизонтальная проекция основания конуса (окружность) пересекается со следом $h'_{0\alpha}$ в точках H'_3 и H'_4. Эти точки соединяют с вершиной S' и получают следы $S'H'_3$ и $S'H'_4$ образующих SH_3 и SH_4.

На пересечении найденных образующих с данной прямой AB находят искомые точки M и N — точки входа и выхода прямой AB с конической поверхностью.

Горизонтальные проекции точек M' и N' находят на пересечении горизонтальных проекций образующих $S'H'_3$ и $S'H'_4$ с горизонтальной проекцией прямой $A'B'$. Через точки M' и N' проводят вертикальные линии связи до пересечения с $A''B''$ и находят фронтальные проекции M'' и N'' точек входа и выхода.

Точки входа и выхода прямой AB с поверхностью сферы (рисунок 198) находят, проведя через прямую AB вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость α.

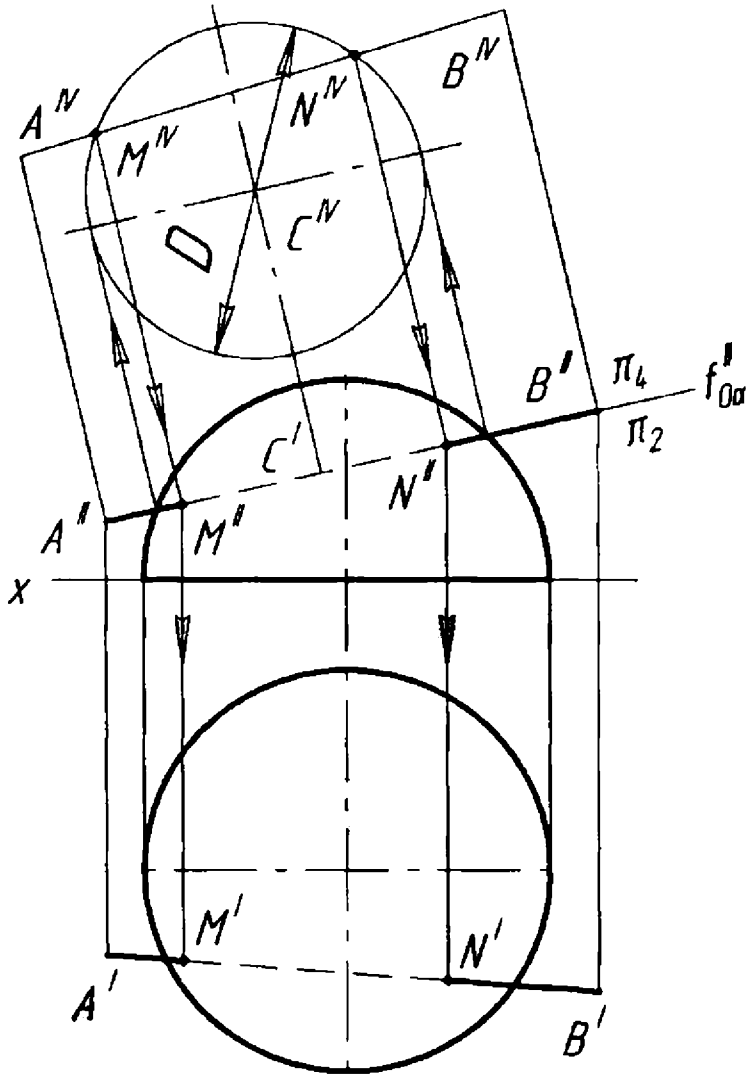


Рисунок 198

Вспомогательная плоскость α пересекает сферу по окружности, которая проецируется на плоскость π_1 в виде эллипса, что затрудняет построение. Поэтому в данном случае необходимо применить способ перемены плоскостей проекций. Новую плоскость проекций выбирают так, чтобы вспомогательная плоскость α была бы ей параллельна, т. е. следует провести новую ось проекций π_2/π_4 так, чтобы она была параллельна фронтальной проекции $A''B''$ прямой AB (для упрощения построений на рисунке 198 ось π_2/π_4 проведена через проекцию $A''B''$).

Затем необходимо построить новую горизонтальную проекцию $A^{IV}B^{IV}$ прямой AB и новую горизонтальную проекцию окружности диаметра D, по которой плоскость α пересекает сферу. На пересечении новых горизонтальных проекций точек $A^{IV}B^{IV}$ и новой горизонтальной проекции окружности находим положение двух искомых точек $M^{IV}N^{IV}$. Обратным построением определяем фронтальные M'' и N'' и горизонтальные M' и N' проекции точек входа и выхода.

2.47 Общие правила построения линий пересечения поверхностей

Метод построения линий пересечения поверхностей тел заключается в проведении вспомогательных секущих плоскостей и нахождении отдельных точек линий пересечения данных поверхностей в этих плоскостях.

Построение линии пересечения поверхностей тел начинают с нахождения очевидных точек. Затем определяют характерные точки, расположенные, например, на очерковых образующих поверхностей вращения (цилиндрической, конической и др.) или крайних ребрах, отделяющих видимую часть линий перехода от невидимой.

Все остальные точки линии пересечения называются промежуточными. Обычно их определяют с помощью вспомогательных параллельных секущих плоскостей.

В качестве вспомогательных плоскостей выбирают такие плоскости, которые пересекают обе заданные поверхности по простым линиям — прямым или окружностям, причем окружности должны располагаться в плоскостях, параллельных плоскостям проекций.

Во всех случаях перед тем как строить линию пересечения поверхностей на чертеже, необходимо представить себе эту линию в пространстве.

2.48 Пересечение поверхностей цилиндра и призмы

На рисунке 199 показано построение проекций линий пересечения поверхности треугольной призмы с поверхностью прямого кругового цилиндра. Боковые грани призмы перпендикулярны плоскости π_2, по-

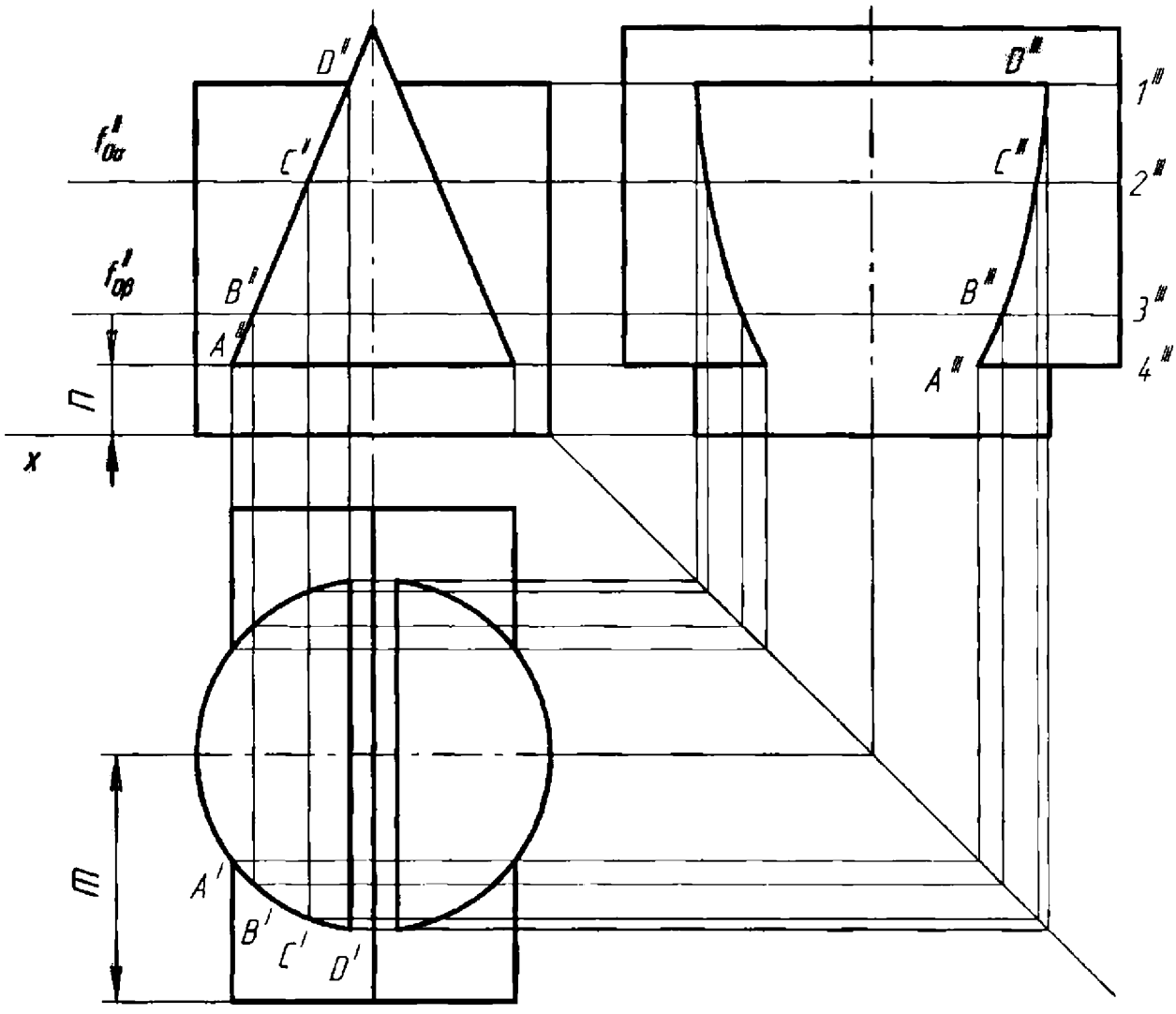


Рисунок 199

этому фронтальная проекция линий пересечения поверхностей этих тел совпадает с фронтальной проекцией основания призмы. Горизонтальные проекции линий пересечения поверхностей совпадают с горизонтальной проекцией цилиндра и являются окружностью. Профильные проекции точек *A* и *D* находим по горизонтальным и фронтальным проекциям при помощи линий связи. Для построения проекций промежуточных точек *B*, *C* используем вспомогательные секущие плоскости α и β с помощью которых находим фронтальные проекции *C''*, *B''* точек *B* и *C*.

В данном примере можно обойтись без вспомогательных секущих плоскостей, намечая произвольно на фронтальной проекции точки *B''*, *C''*.

Опуская линии связи на горизонтальную проекцию, находим горизонтальные проекции *C'*, *B'* точек *C* и *B*. На профильной проекции с помощью линий связи находим проекции *B'''*, *C'''*.

На рисунке 200 показано построение изометрической проекции. После построения изометрической проекции цилиндра, используя размеры *m* и *n* (рисунок 199), строят изометрическую проекцию основания

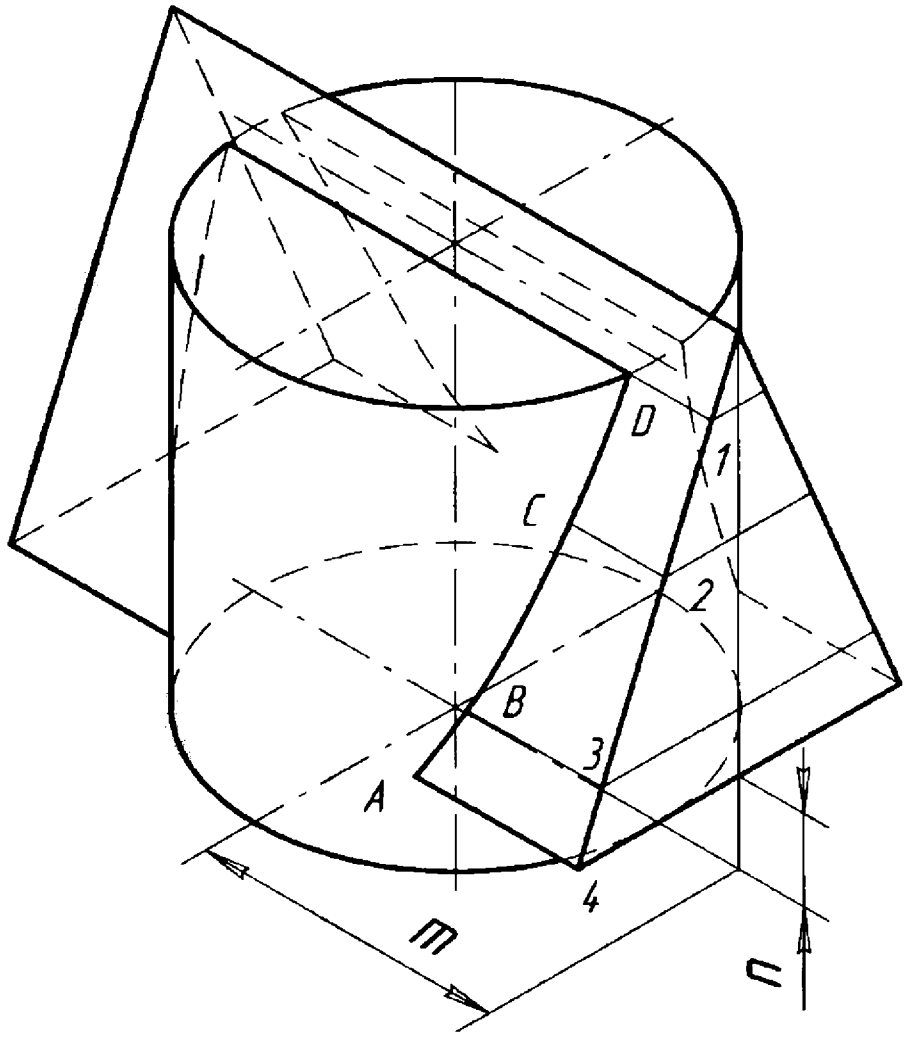


Рисунок 200

призмы, на котором находят точки *1*, *2*, *3*, *4*. От этих точек откладывают расстояния $1'''D'''$, $2'''C'''$ и т. д., взятые с профильной проекции комплексного чертежа, и находят точки *A*, *B*, *C*, *D*.

На изометрической проекции линия пересечения поверхностей цилиндра и призмы получается соединением точек *A*, *B*, *C*, *D*, которые строятся по координатам, взятым с комплексного чертежа.

2.49 Пересечение цилиндрических поверхностей

При выполнении машиностроительных чертежей наиболее часто встречается случай пересечения двух цилиндрических поверхностей, оси которых расположены под углом 90°.

Разберем пример построения линии пересечения поверхностей двух прямых круговых цилиндров, оси которых перпендикулярны к плоскостям проекций (рисунок 201).

В начале построения, как известно, находят проекции очевидных точек *1*, *3* и *5*.

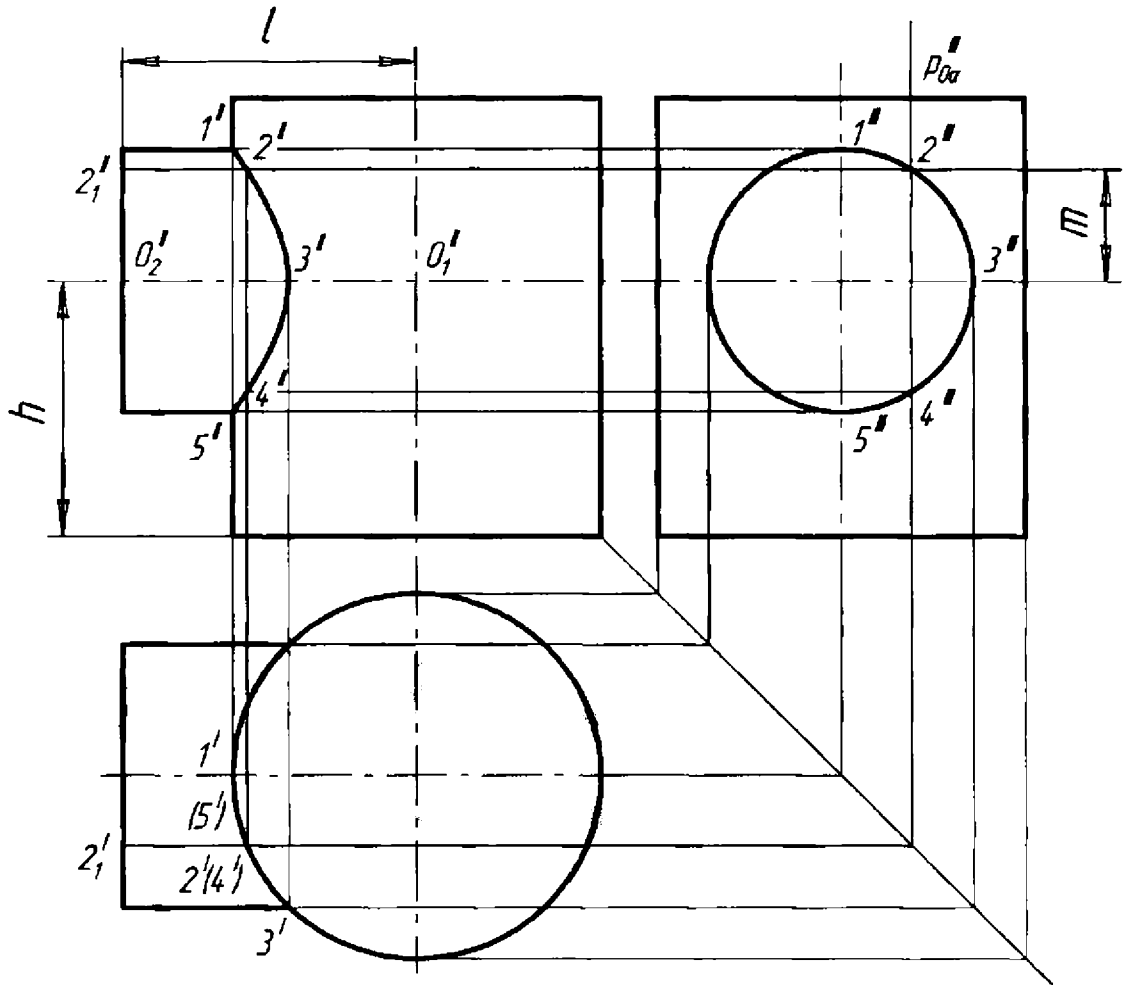


Рисунок 201

Построение проекции промежуточных точек показано на рисунке 201. Если в данном примере применить общий способ построения линий пересечения с помощью вспомогательных взаимно параллельных плоскостей, пересекающих обе цилиндрические поверхности по образующим, то на пересечении этих образующих будут найдены искомые промежуточные точки линии пересечения (например, точки *2, 4* на рисунке 201).

Однако в данном случае выполнять такое построение нет необходимости по следующим соображениям.

Горизонтальная проекция искомой линии пересечения поверхностей совпадает с окружностью — горизонтальной проекцией большого цилиндра. Профильная проекция линии пересечения также совпадает с окружностью — профильной проекцией малого цилиндра. Таким образом, фронтальную проекцию искомой линии пересечения легко найти по общему правилу построения кривой линии по точкам, когда две проекции точек известны. Например, по горизонтальной проекции точки $2'$ находят профильную проекцию $2'''$. По двум проекциям $2'$ и $2'''$ определяют фронтальную проекцию $2''$ точки *2*, принадлежащей линии пересечения цилиндров.

Построение изометрической проекции пересекающихся цилиндров (рисунок 202) начинают с построения изометрической проекции верти-

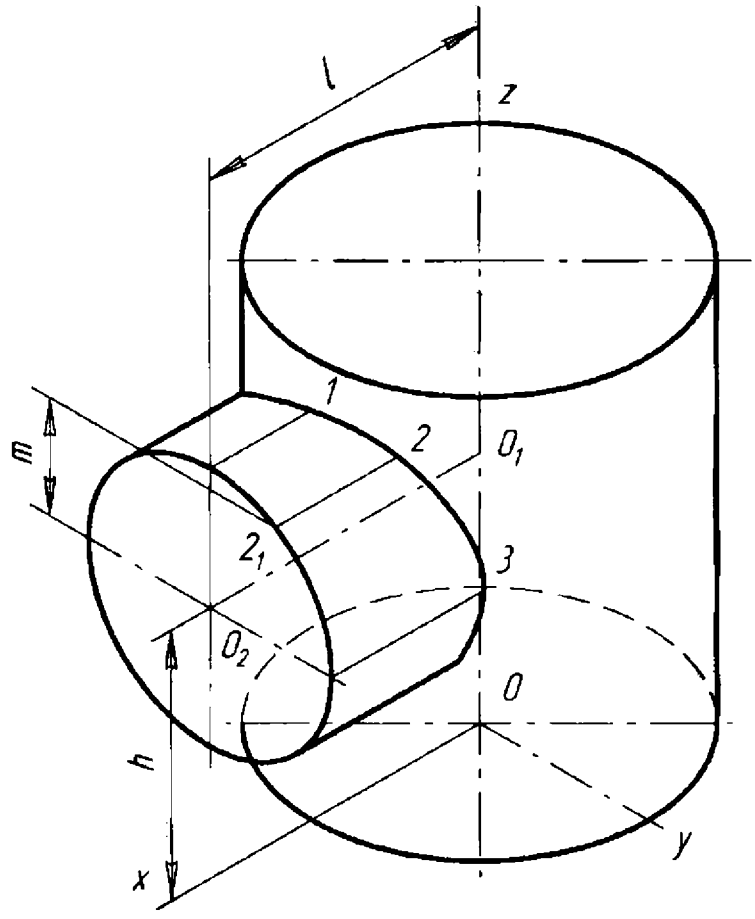


Рисунок 202

кального цилиндра. Далее через точку O_1 параллельно оси x проводят ось горизонтального цилиндра. Положение точки O_1 определяется величиной h, взятой с комплексного чертежа (рисунок 201). Отрезок, равный h, откладывают от точки O вверх по оси z. Откладывая от точки O_1 по оси горизонтального цилиндра отрезок l, получим точку O_2 — центр основания горизонтального цилиндра.

Изометрическая проекция линии пересечения поверхностей строится по точкам при помощи трех координат. Однако в данном примере искомые точки можно построить несколько иначе.

Так, например, точку *2* строят следующим образом. От центра O_2 вверх, параллельно оси z, откладывают отрезок m, взятый с комплексного чертежа. Через конец этого отрезка проводят прямую, параллельную оси y, до пересечения с основанием горизонтального цилиндра в точке 2_1. Затем из точки 2_1 проводят прямую, параллельную оси x, и на ней откладывают отрезок, равный расстоянию от основания горизонтального цилиндра до линии пересечения, взятый с фронтальной или горизонтальной проекции комплексного чертежа. Конечные точки этих отрезков будут принадлежать линии пересечения. Через полученные точки проводят по лекалу кривую, выделяя ее видимые и невидимые части.

Если диаметры пересекающихся цилиндрических поверхностей одинаковы, то фронтальная проекция линии пересечения представляет собой две пересекающиеся прямые.

Если пересекающиеся цилиндрические поверхности имеют оси, расположенные под углом, отличным от прямого угла, то линию их пересечения строят при помощи вспомогательных секущих плоскостей или другими способами (например, способом сфер).

2.50 Пересечение поверхностей призм

При пересечении двух многогранников линия пересечения поверхностей представляет собой ломаную линию.

Если ребра двух призм взаимно перпендикулярны (рисунок 203), то линия пересечения призм строится следующим образом.

Горизонтальная и профильная проекции линии пересечения совпадают соответственно с горизонтальной проекцией пятиугольника (основания одной призмы) и с профильной проекцией части четырехугольника (основания другой призмы). Фронтальную проекцию ломаной линии пересечения строят по точкам пересечения ребер одной призмы с гранями другой.

Например, взяв горизонтальную *1'* и профильную *1'''* проекции точки *1* пересечения ребра пятиугольной призмы с гранью четырех-

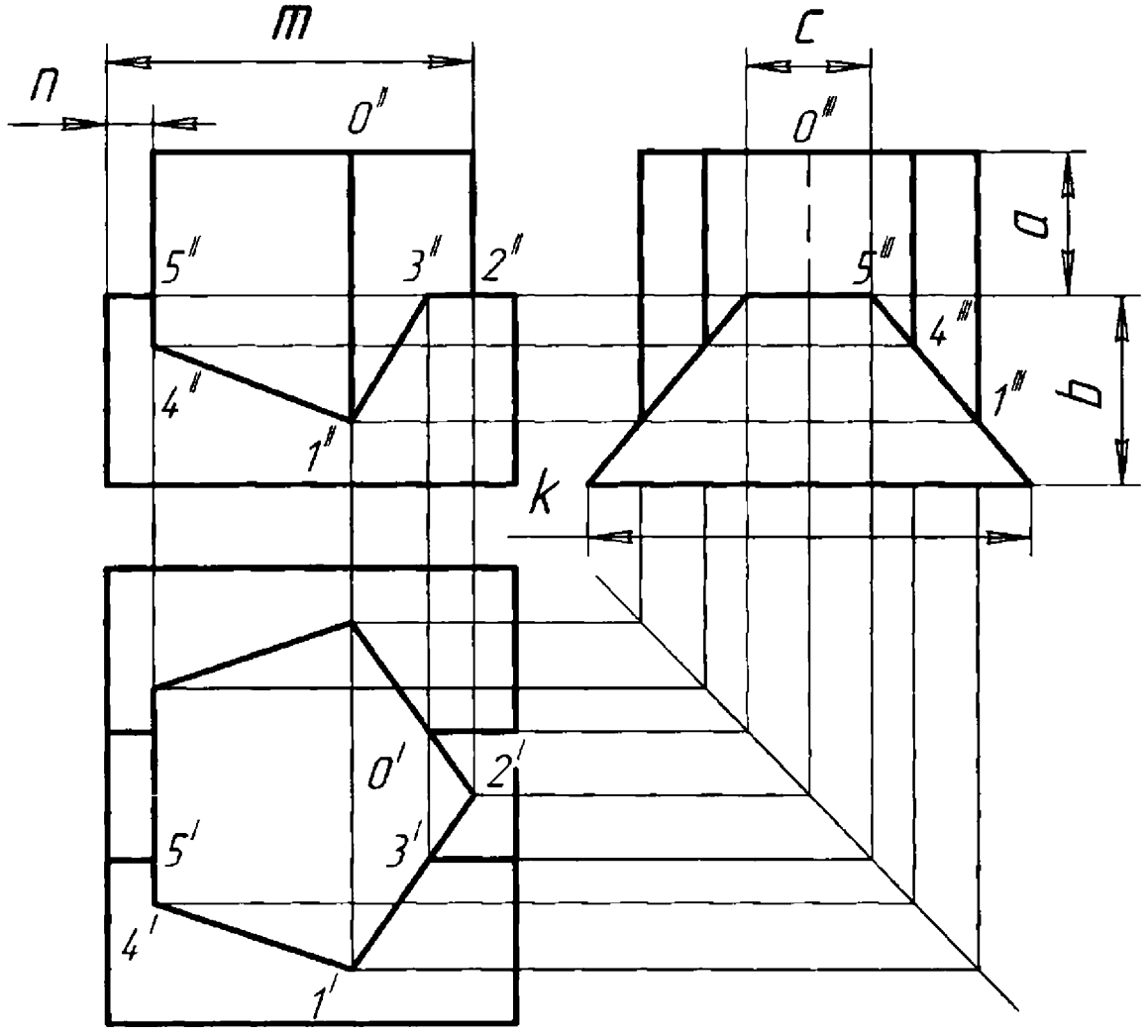


Рисунок 203

угольной и пользуясь известным приемом построения, с помощью линии связи можно легко найти фронтальную проекцию $1''$ точки *1*, принадлежащей линии пересечения призм.

Изометрическая проекция двух пересекающихся призм (рисунок 204) может быть построена по координатам соответствующих точек.

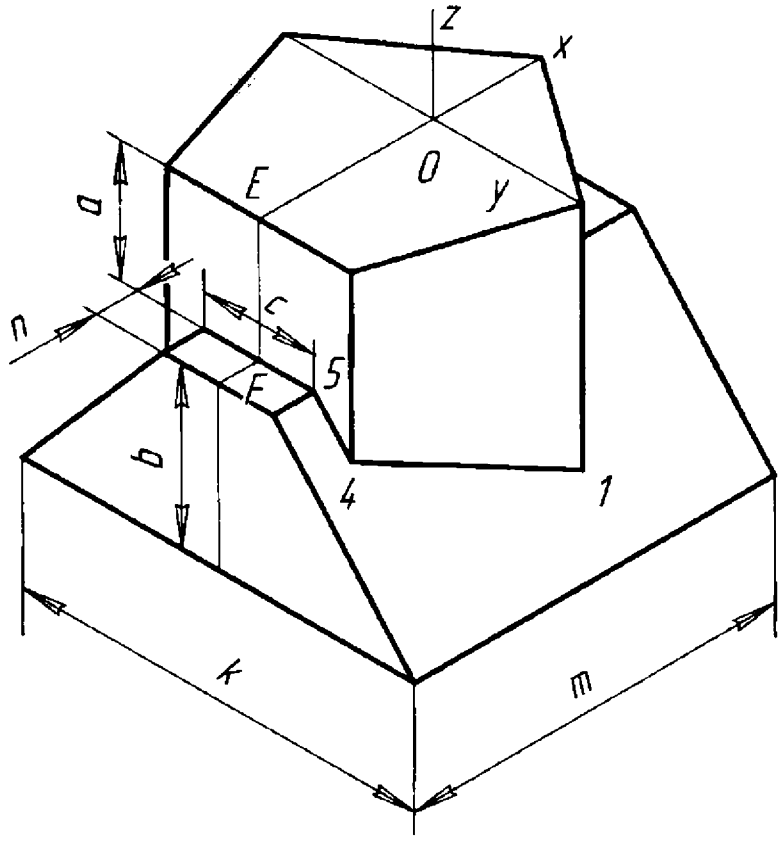


Рисунок 204

Например, изометрическую проекцию точки *5*, расположенную на грани пятиугольной призмы, строят так. Принимая для удобства построений за начало координат точку *O*, лежащую на верхнем основании пятиугольной призмы, откладываем влево от *O* по направлению, параллельному изометрической оси *x*, отрезок *OE*, равный координате X_5, взятой с комплексного чертежа на фронтальной или горизонтальной проекции (рисунок 203). Далее из точки *E* вниз параллельно оси *z* откладываем отрезок *EF*, равный второй координате $Z_5 = a$, и, наконец, от точки *F* вправо параллельно оси *y* откладываем отрезок *F5*, равный третьей координате: $F5 = c/2$.

Далее от точки *F* параллельно оси *x* откладываем отрезок *n*, взятый с комплексного чертежа. Через его конец проводим прямую, параллельную оси *y*, и откладываем на ней отрезок, равный *c*. Вниз параллельно оси *z* откладываем отрезок, равный *b*, и параллельно *y* — отрезок, равный *k*. В результате получаем изометрию основания четырехугольной призмы.

Точки *1* и *4* на ребрах пятиугольной призмы можно построить, используя только одну координату *z*.

2.51 Построение линий пересечения поверхностей способом вспомогательных сфер

Для построения линии пересечения поверхностей вместо вспомогательных секущих плоскостей при определенных условиях удобно применять вспомогательные сферические поверхности.

По сравнению с методом вспомогательных секущих плоскостей метод вспомогательных сфер имеет то преимущество, что, например, фронтальная проекция линии пересечения поверхностей строится без применения двух других проекций пересекающихся поверхностей (рисунок 205).

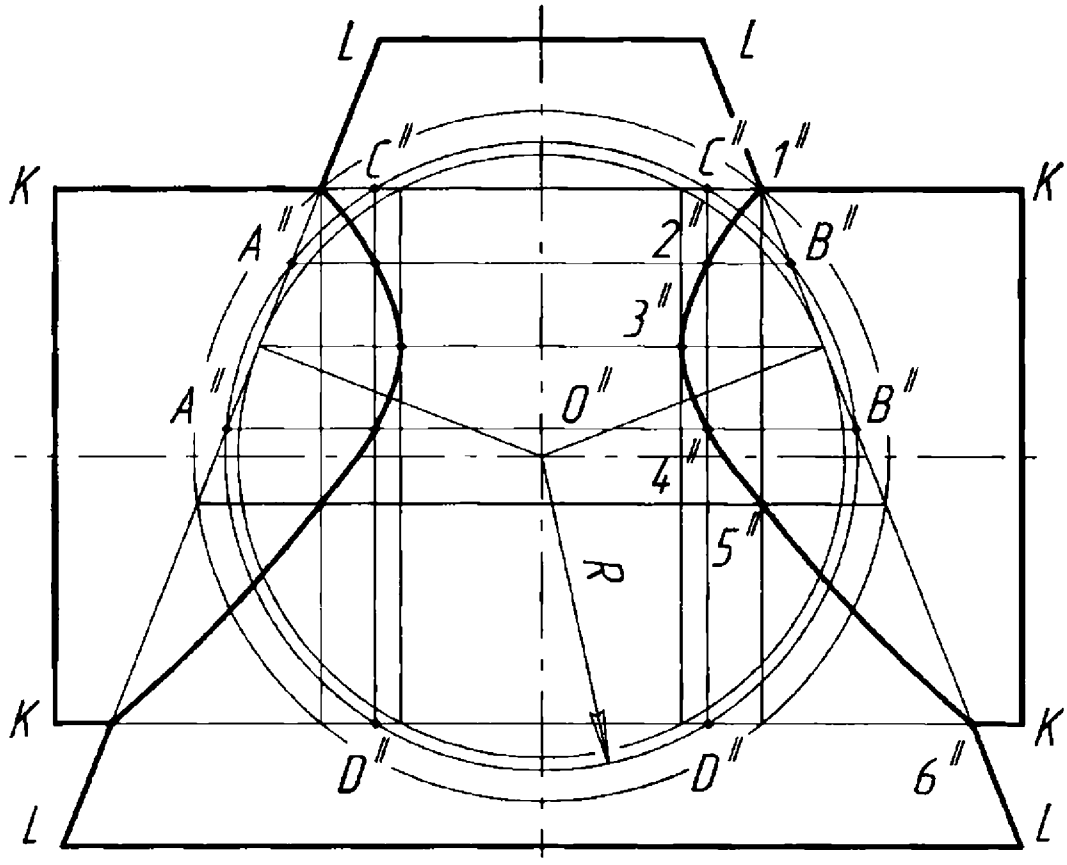


Рисунок 205

Вспомогательные сферические поверхности для построения линий пересечения поверхностей тел можно применять лишь при следующих условиях:

- пересекающиеся поверхности должны быть поверхностями вращения;
- оси поверхностей вращения должны пересекаться; точка пересечения осей является центром вспомогательных сфер;
- оси поверхностей вращения должны быть параллельны какой-либо плоскости проекций.

На рисунке 205 дано построение фронтальной проекции линии пересечения поверхностей цилиндра и усеченного конуса оси которых пересекаются под прямым углом.

Вспомогательные сферические поверхности проводят из точки O'' пересечения осей цилиндров.

Построим, например, фронтальную проекцию некоторой промежуточной точки линии пересечения. Для этого из точки O'' проводят сферическую поверхность радиуса R, которая на данной проекции изобразится в виде окружности этого же радиуса. Окружность радиуса R пересечет горизонтальный цилиндр по окружностям диаметра CD, а конус — по окружностям диаметра AB.

В пересечении полученных проекций окружностей — отрезков $C''D''$ и $A''B''$ — находят проекцию $2''$ и $4''$ промежуточных точек линии пересечения.

Вводя еще целый ряд вспомогательных сферических поверхностей, можно построить необходимое число точек линии пересечения.

Пределы радиусов сферических поверхностей находят следующим образом: наибольшая окружность сферической поверхности должна пересекаться с контурными образующими $L—L$ и $K—K$ цилиндра и конуса и наименьшая должна быть касательной к одной из данных пересекающихся поверхностей и пересекаться с образующими другой поверхности.

Вопросы для самопроверки

1. Как строится линия пересечения поверхностей?
2. В чем заключается общий прием решения задач на взаимное пересечение поверхностей?
3. Что лежит в основе способа вспомогательных сфер для определения линии пересечения поверхностей?

2.52 Кривые линии. Общие сведения о кривых линиях и их проецировании

Кривую линию можно представить себе как траекторию движущейся точки на плоскости или в пространстве. Примером служат известные из курса черчения средней школы спираль Архимеда и цилиндрическая винтовая линия. *Кривая линия* может быть также получена в результате взаимного пересечения поверхностей (например, двух цилиндрических) или при пересечении поверхности плоскостью (например, эллипс, получающийся при пересечении боковой поверхности прямого кругового цилиндра плоскостью, составляющей с осью цилиндра некоторый острый угол). *Кривая линия* в ряде случаев представляет собой геометрическое место точек, отвечающих определенным для этой кривой условиям (окружность, эллипс, парабола и т. п.).

Кривая линия определяется положениями составляющих ее точек. Точки кривой определяются их координатами.

Кривые линии могут быть ***плоские***, т. е. такие, которые всеми своими точками лежат в одной плоскости, и ***пространственные***, т. е. такие, точки которых не принадлежат одной плоскости. Примерами плоских кривых линий являются окружность, эллипс, парабола, спираль Архимеда; примерами пространственных кривых — винтовая линия, линия пересечения боковых поверхностей прямых круговых цилиндра и конуса.

Для построения проекций кривой линии (плоской или пространственной) необходимо построить проекции ряда принадлежащих ей точек (рисунок 206).

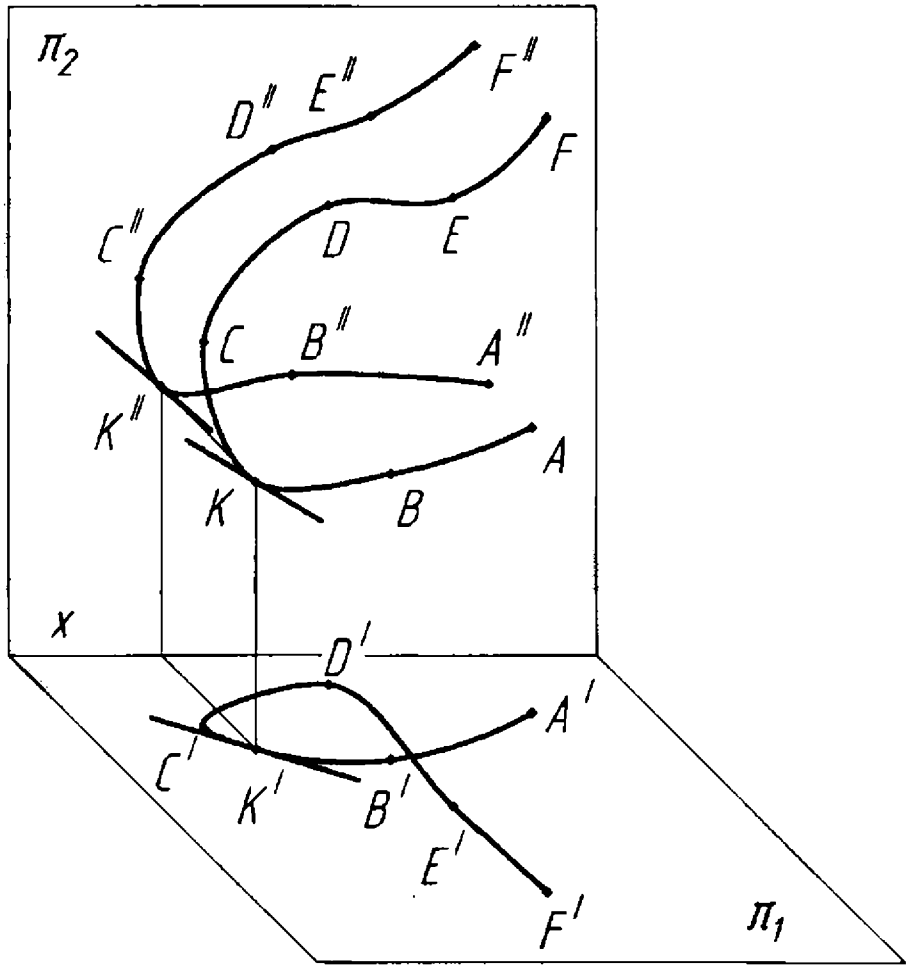


Рисунок 206

Пространственная кривая проецируется в виде плоской, плоская кривая — также в виде плоской или в виде прямой линии, если кривая находится в плоскости, перпендикулярной к плоскости проекций.

Линия считается ***закономерной***, если в своем образовании она подчинена какому-либо геометрическому закону. Если при этом кривая определяется в декартовых координатах алгебраическим уравнением, то она называется ***алгебраической***. Примером может служить эллипс, его уравнение $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$. Степень уравнения определяет «порядок» кривой: эллипс — кривая второго порядка. Кривая, представляющая собой проекцию кривой некоторого порядка, сохраняет тот же порядок или оказывается кривой более низкого порядка.

Касательная к кривой проецируется в общем случае в виде касательной к проекции этой кривой. Если, например, к окружности, расположенной в плоскости, составляющей с плоскостью проекций острый угол, проведена касательная, то она проецируется в касательную к эллипсу, представляющему собой проекцию этой окружности. На рисунке 206 изображены пространственная кривая, ее проекции на π_1 и на π_2, касательная к кривой в ее точке K и проекции этой касательной. Проецирующая плоскость, проходящая через касательную к проекции кривой, касается кривой в пространстве.

Чтобы отчетливее представить себе кривую в пространстве, следует при задании плоской или пространственной кривой ее проекциями указать на проекциях некоторые точки, характерные для самой кривой или для ее расположения относительно плоскостей проекций.

Например, могут быть отмечены точки кривой, наиболее удаленные относительно плоскостей проекции и наиболее близкие к ним; для этого надо проводить плоскости, касательные к кривой и параллельные соответствующим плоскостям проекций: на рисунке 207 плоскость α, параллельная плоскости π_2 позволяет установить, что точка G на кривой в пространстве наиболее удалена от плоскости π_2.

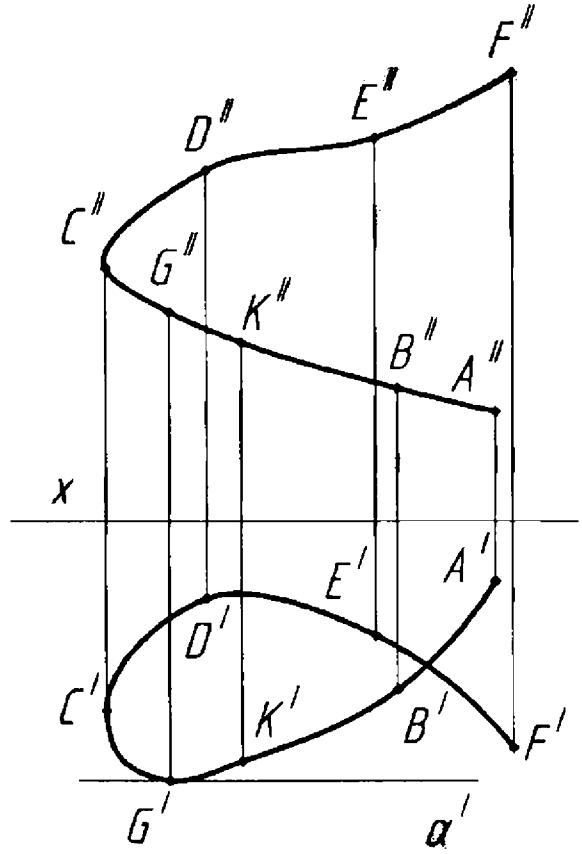


Рисунок 207

Искривленность кривой линии, плоской или пространственной, может быть неизменной (на всем протяжении кривой или на отдельных ее участках) или изменяться в разных точках кривой. Например, искривленность окружности или искривленность цилиндрической винтовой

линии неизменна на всем их протяжении, а искривленность эллипса повторяется в его квадрантах, но в пределах одного квадранта непрерывно изменяется. Применяется термин ***кривизна линии***. Кривизна выражается числом; она характеризует кривую в данной ее точке, точнее, на бесконечно малой дуге — ***окрестности*** этой точки.

Длина некоторого участка кривой как плоской, так и пространственной определяется приближенно, путем замены кривой линии ломаной, вписанной в эту кривую, и измерения длины звеньев этой ломаной линии (это, конечно, не относится к тем кривым, длина которых может быть определена путем несложных вычислений).

Для уменьшения ошибки следует брать отрезки ломаной, мало отличающиеся по длине от дуг кривой, хордами которых являются эти отрезки. Получаем ломаную, длина которой может быть приближенно принята за длину кривой.

2.53 Плоские кривые линии

Вращая секущую KS_1 (рисунок 208) вокруг оси K так, чтобы точка K_1 стремилась к точке K, получим предельное положение KT — положение касательной к кривой в ее точке K.

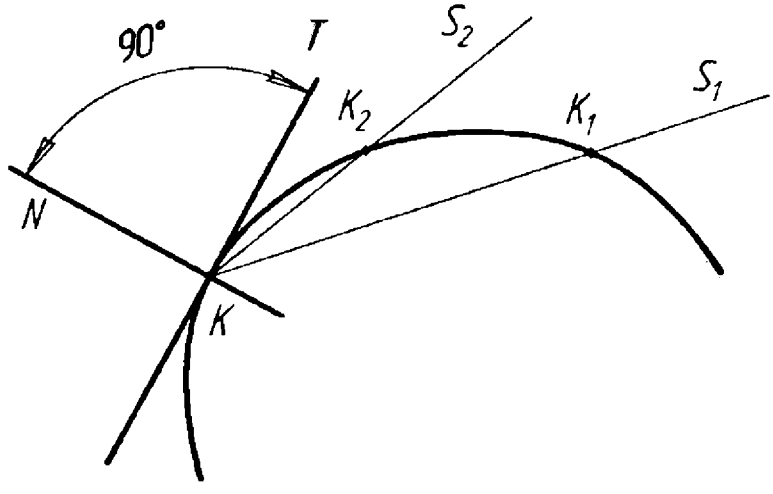


Рисунок 208

Касательная передает направление движения точки, образующей кривую; направление касательной в некоторой точке кривой называют *направлением кривой в этой точке.*

Проведя в точке K прямую $KN \perp KT$, получаем нормаль к кривой в ее точке K. Нормаль к окружности совпадает с направлением ее радиуса.

Кривая в точке K на рисунке 208 ***плавная***: у нее в точке K одна касательная. Если кривая составлена только из таких точек, то это ***плавная кривая линия.***

На рисунке 209 в точке K кривой проведены касательная KT и нормаль KN. Если во всех точках кривой повторяется такое же расположе-

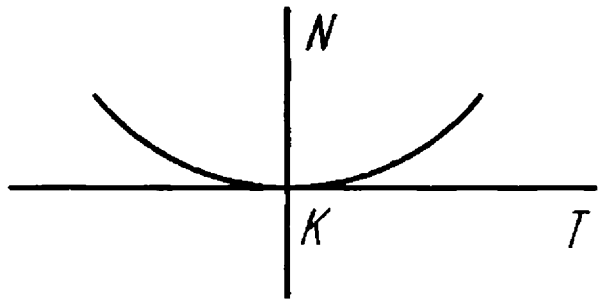


Рисунок 209

ние относительно касательной и нормали в рассматриваемой окрестности, то кривая является *выпуклой* и ее точки — ***обыкновенными*** (или *правильными*). Примером служит эллипс.

На рисунке 210 показаны точки: *A* — ***точка перегиба***, в которой кривая пересекает касательную, *B* и *C* — ***точки возврата***, в которых кривая имеет острие («клюв») и касательная является общей для обеих ветвей кривой (из них точку *B* называют *точкой возврата первого рода*, а точку *C* — *точкой возврата второго рода*.

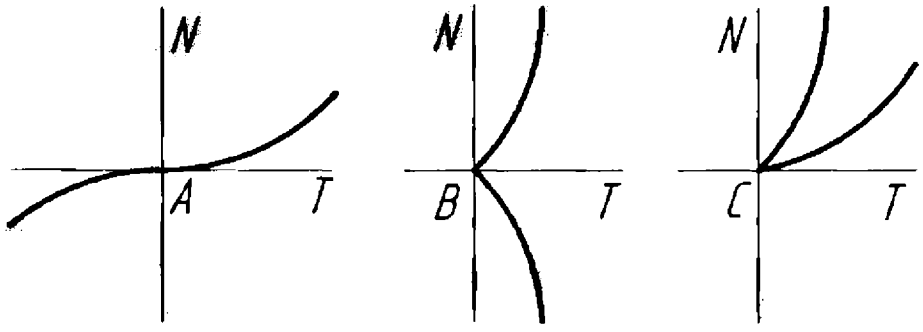


Рисунок 210

Здесь мы коснулись так называемых *особых точек кривой линии*, например таких, в которых направление движения точки, описывающей кривую, изменяется на обратное (точки возврата) или скачком.

При выполнении чертежей часто приходится прибегать к вычерчиванию плоских кривых линий, состоящих из ряда сопряженных частей, которые невозможно провести циркулем. Такие кривые строят обычно по ряду принадлежащих им точек, которые затем обводят при помощи лекал.

Рассматриваемые лекальные кривые располагаются в одной плоскости и называются поэтому плоскими. Чтобы начертить плавную лекальную кривую, необходимо иметь набор из нескольких лекал. Выбрав подходящее лекало, надо подогнать кромку части лекала к возможно большему количеству заданных точек кривой и обвести их карандашом.

Ниже рассмотрены способы построения плоских кривых линий, наиболее часто встречающиеся в технике.

Плоские кривые конических сечений получаются при сечении прямого кругового конуса плоскостями, различно расположенными по отношению к оси конуса. При этом получаются контуры сечений, образующие эллипс, параболу и гиперболу.

При пересечении плоскостью $f''_{0\alpha}$ всех образующих конуса получается эллипс (рисунок 211, *а*).

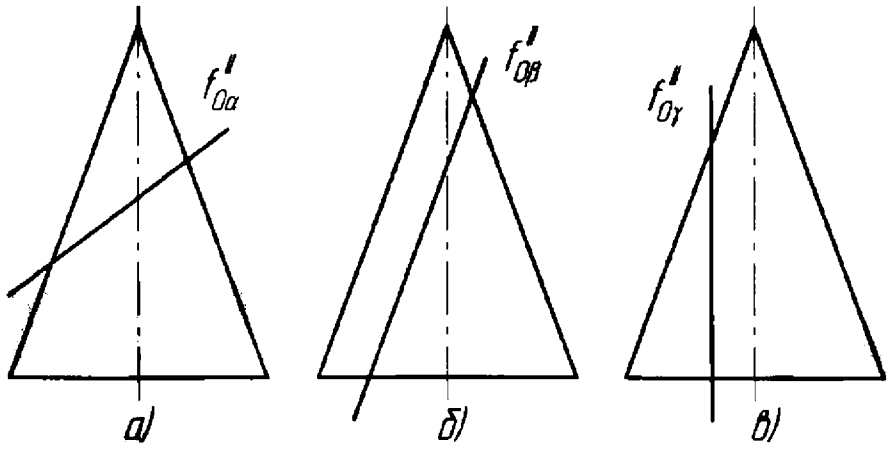


Рисунок 211

При пересечении конуса плоскостью $f''_{0\beta}$, параллельной одной из образующих конуса, получается парабола (рисунок 211, *б*).

При пересечении конуса плоскостью $f''_{0\gamma}$, параллельной оси конуса, получается гипербола (рисунок 211, *в*).

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 рисунке 212.

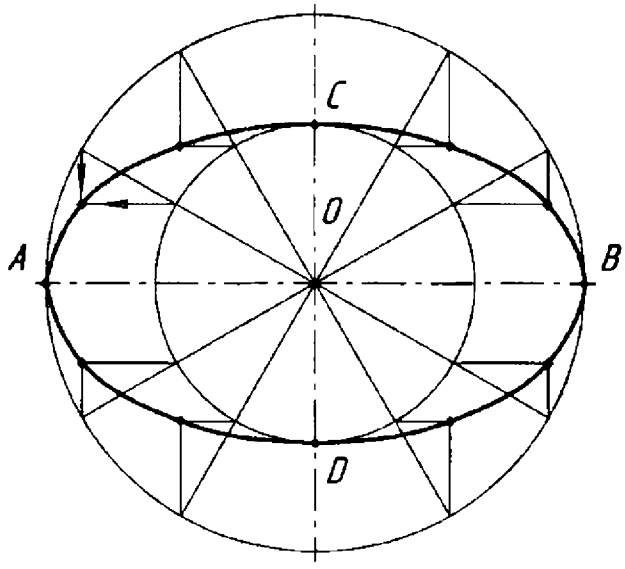


Рисунок 212

Проводят две перпендикулярные осевые линии. Затем из центра *O* откладывают вверх и вниз по вертикальной оси отрезки, равные малой полуоси, а влево и вправо по горизонтальной оси — отрезки, равные длине большой полуоси. Из центра *O* радиусами *OA* и *OC* проводят две концентрические окружности и ряд лучей-диаметров. Из точек пересечения лучей с окружностями проводят линии, параллельные осям эл-

липса, до их взаимного пересечения в точках, принадлежащих эллипсу. Полученные точки соединяют, обводя по лекалу.

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 (рисунок 213).

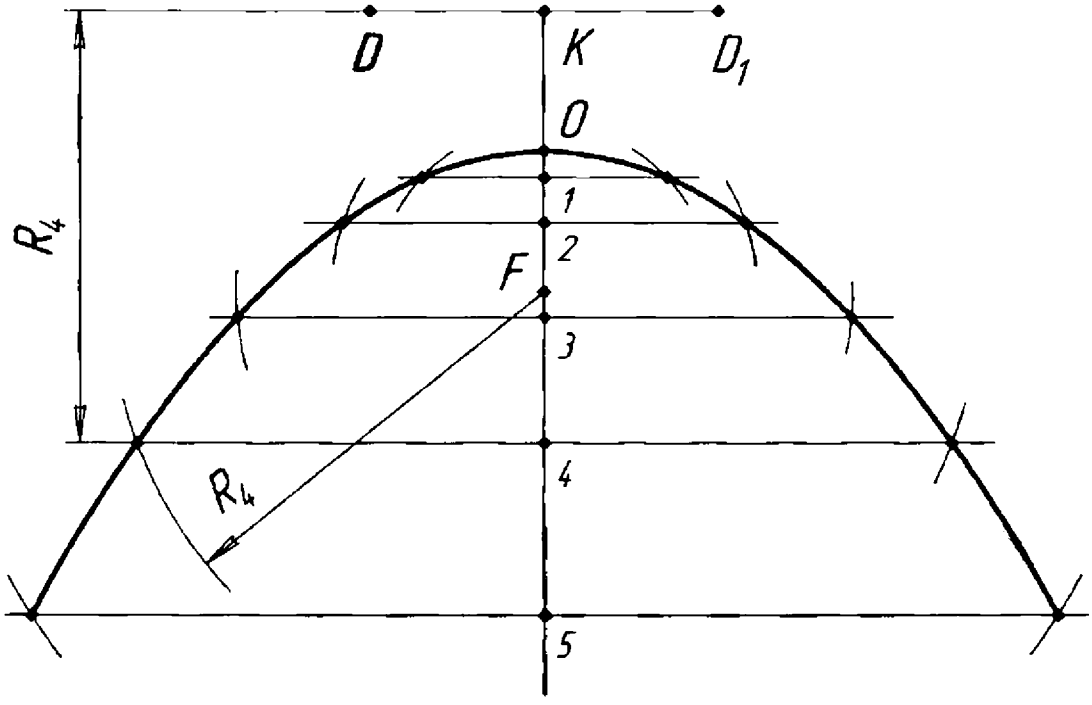


Рисунок 213

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 (на рисунке вертикально) 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 оси симметрии намечают ряд произвольных точек $1—5$ 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. Полученные точки принадлежат параболе.

Гипербола — плоская кривая, состоящая из двух разомкнутых, симметрично расположенных ветвей (рисунок 214). 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. Разделив фокусное расстояние FF_1 пополам, получают точку O, от которой в обе стороны откладывают по

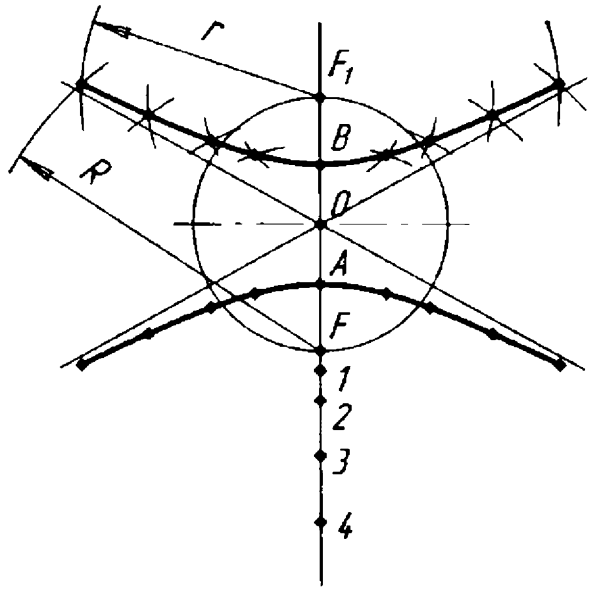


Рисунок 214

половине заданного расстояния между вершинами *A* и *B*. Вниз от фокуса *F* намечают ряд произвольных точек *1—4* с постепенно увеличивающимся расстоянием между ними. Из фокуса *F* описывают дугу вспомогательной окружности радиусом *R*, равным, например, расстоянию от вершины гиперболы *B* до точки *4*. Из фокуса F_1 проводят вторую дугу вспомогательной окружности радиусом *r*, равным расстоянию от вершины *A* до точки *4*. На пересечении этих дуг находят точки, принадлежащие гиперболе. Таким же способом находят остальные точки гиперболы. Вторую ветвь гиперболы строят аналогичным образом.

Синусоида — плоская кривая, изображающая изменение синуса в зависимости от изменения угла (рисунок 215).

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

Для построения синусоиды проводят горизонтальную ось и на ней откладывают заданную длину волны $AB = L$. Отрезок *AB* делят на несколько равных частей, например на 12. Слева вычерчивают окружность, диаметром *D* 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 соединяют по лекалу кривой.

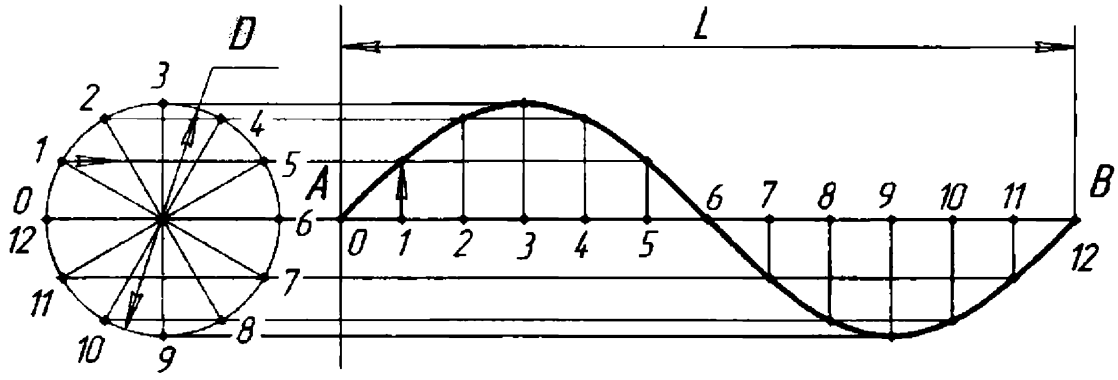


Рисунок 215

Спираль Архимеда — плоская кривая, которую описывает точка, движущаяся равномерно от центра *О* по равномерно вращающемуся радиусу (рисунок 216).

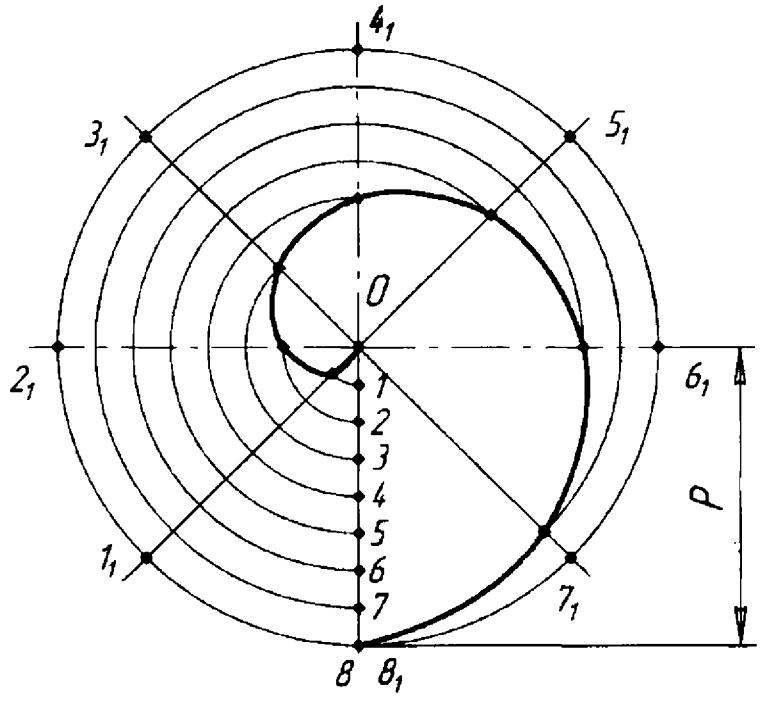


Рисунок 216

Для построения спирали Архимеда задают ее шаг *P*, из центра *О* проводят окружность радиусом, равным шагу *P* спирали, и делят шаг и окружность на несколько равных частей, например на 8. Точки деления нумеруют.

Из центра *О* проводят радиальные прямые, проходящие через точки деления окружности. Из центра *О* радиусами *О1*, *О2* и т. д. проводят дуги до пересечения с соответствующими радиальными прямыми. Полученные точки, принадлежащие спирали Архимеда, соединяют плавной кривой по лекалу.

Циклоида — плоская кривая, которую описывает точка *А*, лежащая на окружности, которая катится без скольжения по прямой *СВ* (рисунок 217).

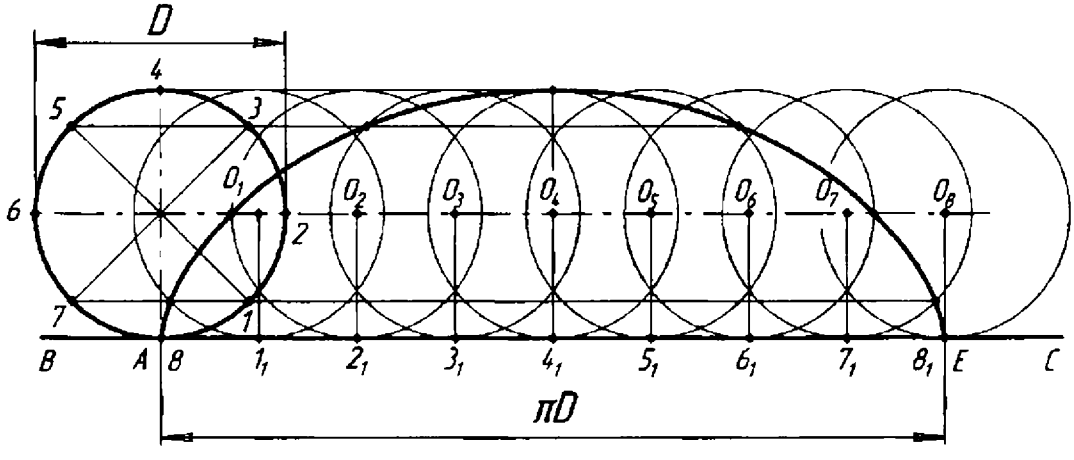


Рисунок 217

На направляющей прямой BC откладывают длину AE производящей окружности диаметра D, равную πD. Окружность диаметра D и отрезок AE прямой BC делят на равные части, например на 8. Из точек деления прямой AE (1_1, 2_1 и т. д.) восставляют перпендикуляры до пересечения с продолжением горизонтальной оси окружности в точках O_1, O_2 и т. д. А из точек деления окружности (1, 2 и т. д.) проводят горизонтальные прямые. Из точек O_1, O_2 и т. д. как из центров, проводят окружности диаметра D, которые пересекаясь с соответствующими горизонтальными прямыми, образуют точки, принадлежащие циклоиде.

2.54 Пространственные кривые линии

Многое из рассмотренного по отношению к плоским кривым может быть отнесено и к пространственным. Например, касательная прямая к пространственной кривой линии также получается из секущей KS_1 (рисунок 208) при слиянии точек K и K_1. Также на пространственной кривой могут быть точки различного рода: обыкновенные (правильные), точки перегиба, «клювы» и др. Но если для плоской кривой можно было провести в точке K (рисунок 208) только один перпендикуляр KN (нормаль) к касательной KT, то для пространственной кривой таких перпендикуляров в точке касания бесчисленное множество, что приводит к понятию о ***нормальной плоскости***. Далее, для плоской кривой достаточно одной проекции, чтобы судить о характере ее точек, а для пространственной кривой судить о характере ее точек можно лишь при наличии двух проекций кривой. Например, на рисунках 206 и 207 сопоставление горизонтальной и фронтальной проекций показывает, что хотя на горизонтальной проекции имеется двойная точка, но на самой кривой двойной точки нет. *Так же, как и для плоской кривой, касательная к кривой в пространстве* (рисунок 206) *проецируется в касательную к проекции этой кривой.* Проецирующая плоскость, проведенная через касательную к проекции кривой, касается кривой в пространстве.

Плоская кривая всеми своими точками лежит в одной плоскости. Для пространственной же кривой можно говорить лишь о плоскости, наиболее близко подходящей к кривой в рассматриваемой ее точке. Такая плоскость носит название ***соприкасающейся***. Положим, что на рисунке 208 изображен участок не плоской кривой, а пространственной. Три точки K, K_1 и K_2 этой кривой определяют некоторую плоскость. Предельное положение этой плоскости, когда секущая KS_2 станет касательной в точке K и третья точка предельно приблизится к точке касания, определяет соприкасающуюся плоскость в точке K пространственной кривой. Вблизи точки K кривую можно рассматривать как бы лежащей в соприкасающейся плоскости.

Соприкасающаяся и нормальная плоскости взаимно перпендикулярны, это вытекает из того, что соприкасающаяся плоскость содержит касательную к кривой.

При взаимном пересечении нормальной и соприкасающейся плоскостей получается одна из нормалей — ***главная нормаль***. Нормаль, перпендикулярная к соприкасающейся плоскости, называется ***бинормалью***.

К соприкасающейся и нормальной плоскостям добавляется еще третья плоскость, к ним перпендикулярная. Она проходит через касательную и бинормаль. Ее называют ***спрямляющей плоскостью***.

Этими тремя плоскостями, образующими трехгранник, пользуются как координатными при рассмотрении кривой в данной ее точке. Положение трехгранника зависит от положения точки на кривой.

2.55 Цилиндрические винтовые линии

Цилиндрическая винтовая линия представляет собой пространственную кривую линию одинакового уклона. Острие резца, соприкасаясь с поверхностью равномерно вращающегося цилиндрического стержня, оставляет на нем след в виде окружности. Если же при этом сообщить резцу равномерное поступательное движение вдоль оси цилиндра, то на поверхности цилиндра получится цилиндрическая винтовая линия.

На рисунке 218 показано образование винтовой линии на поверхности цилиндра от движения точки A по образующей EC и вращательного движения этой образующей. Здесь изображено несколько положений этой образующей: E_0C_0, E_1C_1, ...; при этом дуги E_0E_1; E_1E_2, ... равны между собой и каждая равна $\pi d/n$, где d — диаметр цилиндра, а n — число делений (на рисунке 218 $n = 12$). Начальное положение точки обозначено через A_0, последующее через A_1, A_2 и т. д.

Если при перемещении образующей из положения E_0C_0 в положение E_1C_1 точка займет положение A_1, то отрезок E_1A_1 определит расстояние, которое точка прошла по образующей от своего первоначального положения. При последующем положении образующей (E_2C_2) точка поднимется на высоту $E_2A_2 = 2E_1A_1$ и т. д. Когда образующая сделает полный оборот, точка переместится по ней на расстояние $E_0A_{12} = 12E_1A_1$.

При дальнейшем вращении образующей точка A начнет образовывать *второй виток*, или *оборот винтовой линии*, занимая положения A_1^1, A_2^1 и т. д.

Расстояние между точками A_0 и A_{12} называется ***шагом винтовой линии***. Шаг может быть выбран в зависимости от тех или иных условий.

Расстояние точки A до оси OO *называется радиусом винтовой линии*, а ось OO — *осью винтовой линии*. Радиус винтовой линии равен половине диаметра прямого кругового цилиндра, на боковой поверхности которого располагается винтовая линия. Две величины — диаметр цилиндра и размер шага — являются *параметрами*, определяющими цилиндриче-

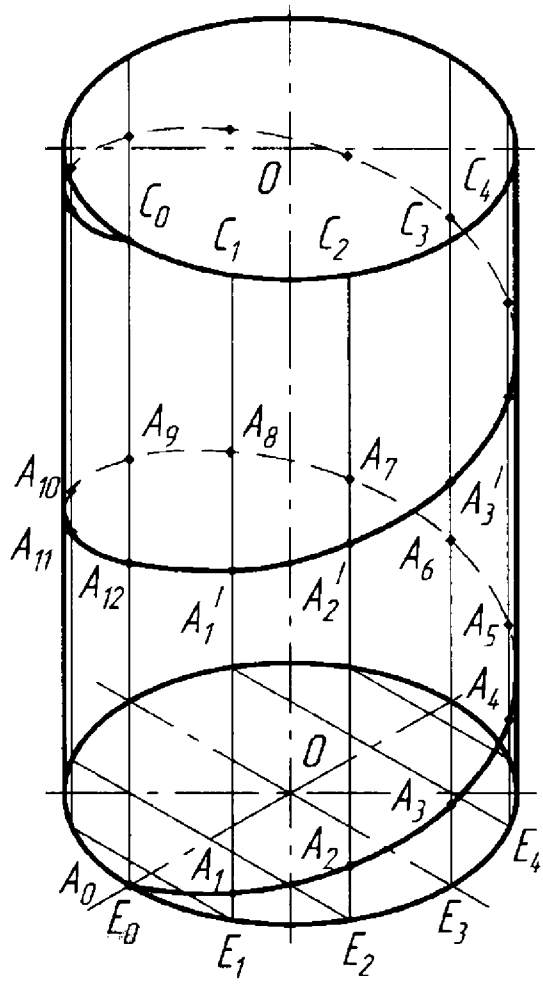


Рисунок 218

скую винтовую линию на боковой поверхности прямого кругового цилиндра.

На рисунке 219 выполнено построение проекций цилиндрической винтовой линии. Предварительно построены проекции (как это рассматривалось в курсе черчения средней школы) прямого кругового цилиндра. Окружность основания цилиндра (на горизонтальной проекции) и шаг (отрезок h, отложенный по оси цилиндра на фронтальной проекции) разделены на одинаковое число (n) частей; на рисунке 219 взято $n = 12$. Начальное положение точки A указано проекциями A'' и A' — это точка, отмеченная буквой O' на окружности.

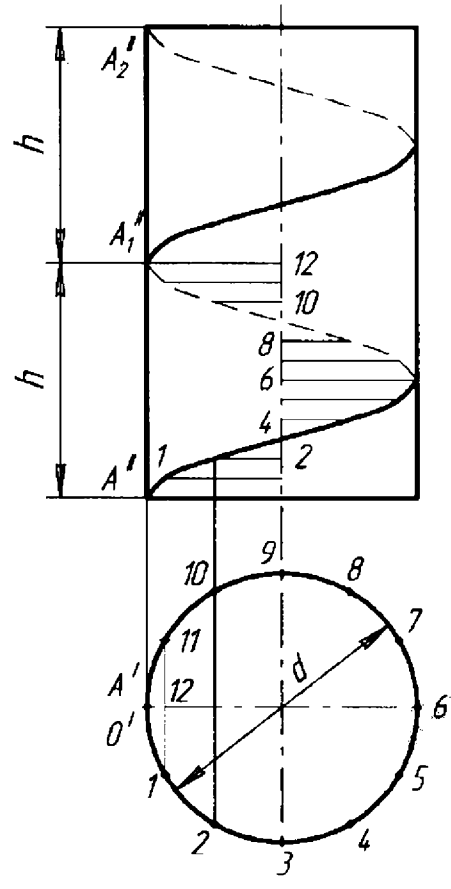


Рисунок 219

Так как ось цилиндра направлена перпендикулярно к плоскости π_1, *то горизонтальная проекция винтовой линии сливается с окружностью*, представляющей собой горизонтальную проекцию поверхности цилиндра. Что же касается построения фронтальной проек-

ции винтовой линии, то ход ее построения ясен из рисунка 219 и вытекает из самого образования винтовой линии как траектории точки, совершающей два движения — равномерное по прямой линии и вместе с тем равномерное вращательное вокруг оси, параллельной этой прямой.

Проекция на плоскости, параллельной оси цилиндра, в данном случае фронтальная проекция цилиндрической винтовой линии, подобна *синусоиде.*

На рисунке 219 фронтальная проекция винтовой линии имеет на передней (видимой) стороне цилиндра *подъем слева направо* или *спуск влево*; если же ось цилиндра расположить горизонтально, то подъем винтовой линии идет влево, а спуск — вправо. Это винтовая линия с ***правым ходом***, или *правая винтовая линия.*

Развертка витка цилиндрической винтовой линии показана на рисунке 220. В развернутом виде каждый виток представляет собой отрезок прямой. Это следует из образования винтовой линии: поскольку окружность основания цилиндра делилась на равное число частей и шаг винтовой линии делился на такое же число равных частей, развертку винтовой линии на протяжении ее шага можно рассматривать как геометрическое место точек, для каждой из которых ордината пропорциональна абсциссе, т. е. $y = kx$. А это уравнение прямой линии. Касательные к винтовой линии совпадают на развертке с прямой, в которую развертывается виток винтовой линии.

На рисунке 220 при двух шагах винтовой линии получились два ее отрезка под углом φ_1 к прямой, представляющей собой развернутую ок-

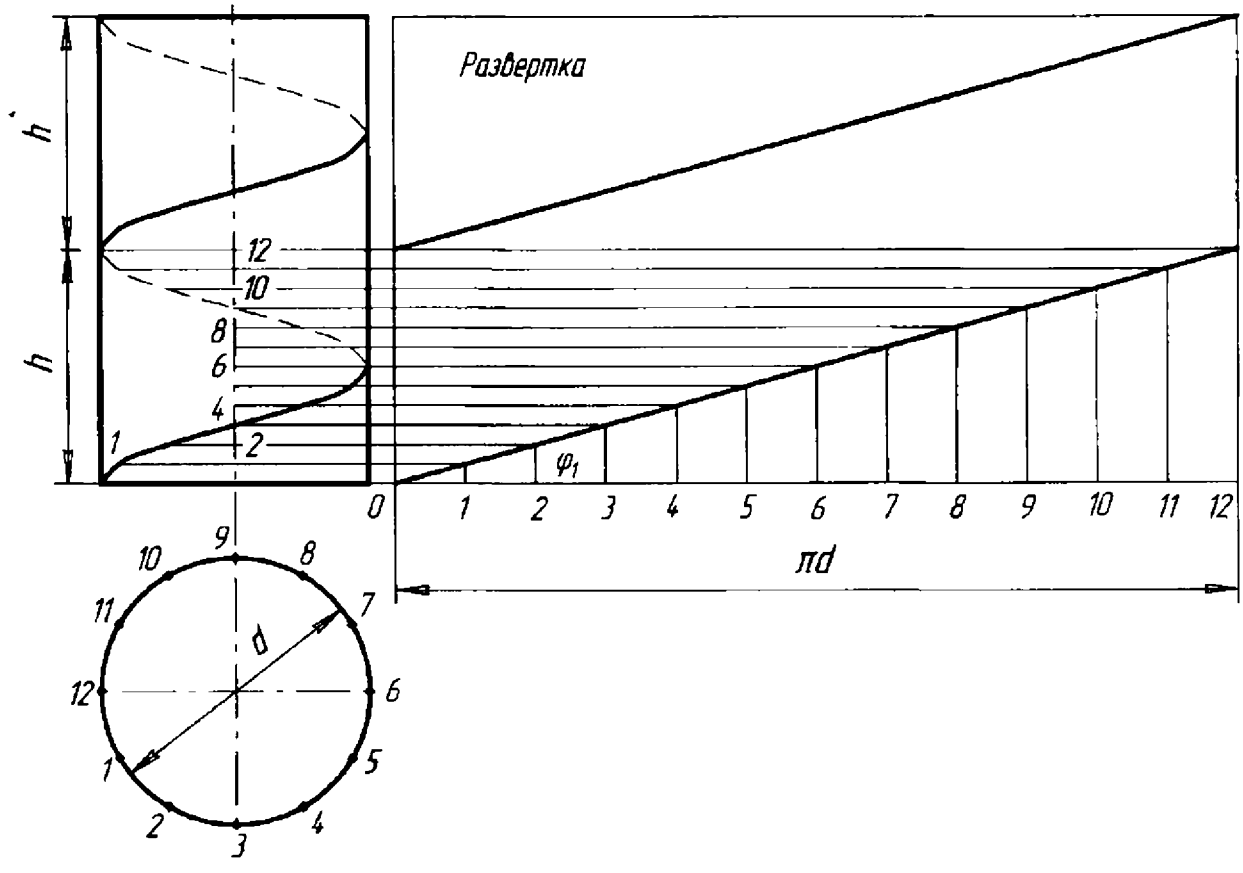


Рисунок 220

ружность основания цилиндра. Крутизна подъема винтовой линии выражается формулой (2):

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{h}{\pi d}, \qquad (2)$$

где h — шаг винтовой линии;

d — диаметр цилиндра.

Угол φ_1 называется ***углом подъема винтовой линии.***

Длина одного оборота «витка» винтовой линии равна $L = \sqrt{h^2 + (\pi d)^2}$.

При одном и том же d величина угла φ_1 зависит только от шага винтовой линии; для получения малого угла подъема следует брать малый шаг, и наоборот. Если шаг остается неизменным для цилиндров разного диаметра, то угол подъема получится тем меньше, чем больше будет диаметр цилиндра.

Вопросы для самопроверки

1. В чем состоит различие между плоской и пространственной кривыми линиями?
2. Во что проецируется пространственная кривая?
3. Во что проецируется плоская кривая?
4. Во что проецируется касательная к кривой линии?
5. Как определяется длина некоторого участка кривой линии?
6. Что называется касательной к кривой линии?
7. Что называется нормалью в какой-либо точке плоской кривой?
8. Что называется шагом винтовой линии?
9. Что такое правая винтовая линия?
10. Как определяется крутизна подъема винтовой линии?
11. Какие параметры определяют цилиндрическую винтовую линию?

2.56 Кривые поверхности

Поверхность можно представить себе как общую часть двух смежных областей пространства. В начертательной геометрии *поверхность определяется как след движущейся линии или другой поверхности.* Представление о поверхности как о совокупности всех последовательных положений некоторой перемещающейся в пространстве линии удобно для графических построений. Конечно, при изображении поверхности ограничиваются показом этой линии лишь в некоторых ее положениях.

Представление об образовании поверхности непрерывным движением позволяет называть такие поверхности ***кинематическими.***

Линию, производящую поверхность, в каждом ее положении называют ***образующей*** (или производящей). Образующая обычно указывается в ряде ее положений. Говорят: «образующие», «проведем образующую»

и т. п., понимая под этим различные положения образующей. Образующая линия может быть прямой или кривой.

Итак, кинематическая поверхность представляет собой геометрическое место линий, движущихся в пространстве по некоторому закону.

Поверхность, образуемая при наличии такого закона, называется ***закономерной*** (или правильной), в отличие от ***незакономерных*** (или случайных) поверхностей.

Поверхность, которая может быть образована прямой линией, называется ***линейчатой поверхностью***. Линейчатая поверхность представляет собой геометрическое место прямых линий. Поверхность, для которой только *кривая* линия может быть образующей, будем называть ***нелинейчатой поверхностью***.

Примеры линейчатых поверхностей даны на рисунках 221 и 222.

Изображенная на рисунке 221 поверхность образована прямой линией A_1A_2, которая, оставаясь постоянно параллельной прямой S_1S_2, скользит по некоторой неподвижной линии $T_1T_2T_3$, называемой ***направляющей***.

Очевидно, такая же поверхность образуется, если посчитать неизменяемую линию $T_1T_2T_3$, образующей, все точки которой перемещаются по прямым, параллельным направляющей линии S_1S_2. Конечно, во всех своих положениях кривая должна отвечать условиям равенства и параллельности кривых, т. е. совпадению их друг с другом при наложении, и взаимной параллельности касательных, проведенных к кривой в одной и той же ее точке в последовательных положениях.

Поверхность, изображенная на рисунке 222, образована прямой линией, которая, оставаясь параллельной плоскости π_0, скользит по двум неподвижным *направляющим* линиям — прямой S_1S_2 и кривой T_1T_2.

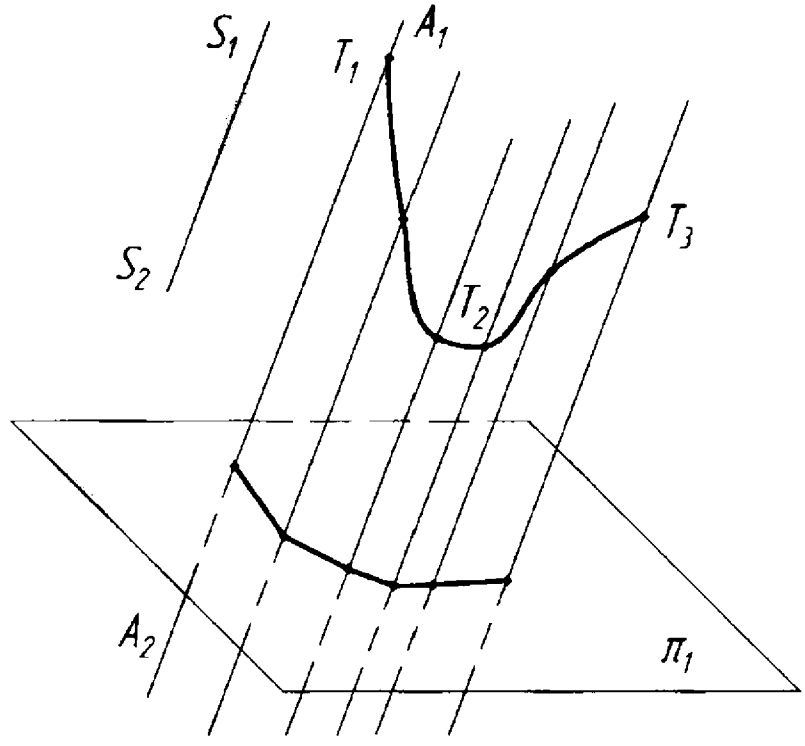


Рисунок 221

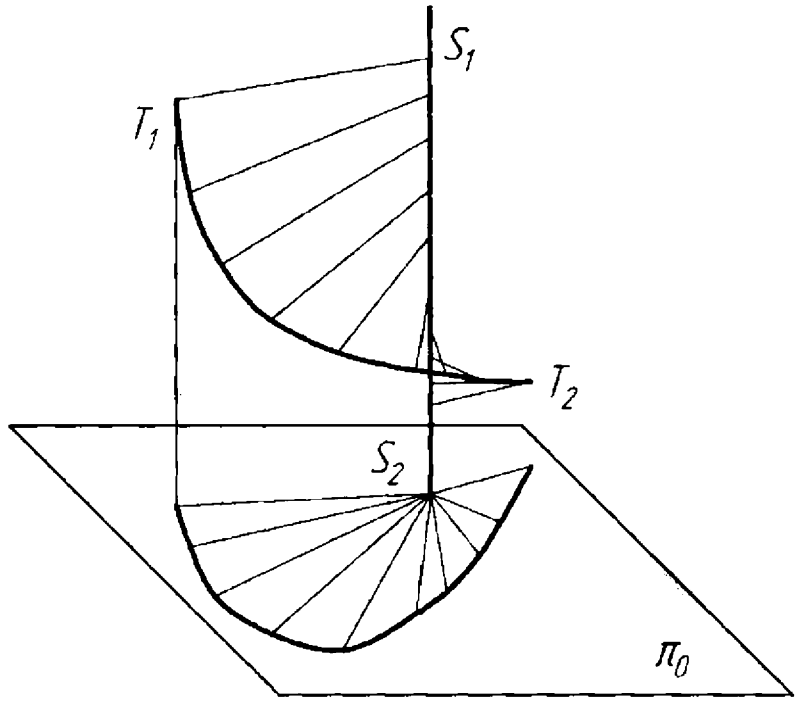


Рисунок 222

Примером нелинейчатой поверхности служит сфера (иначе шаровая поверхность).

Одна и та же поверхность может быть образована перемещением различных линий и согласно различным условиям, которым должна подчиняться в своем перемещении образующая линия. Например, боковая поверхность прямого кругового цилиндра (рисунок 223) может рассматриваться как результат некоторого определенного перемещения образующей — прямой линии A_1A_2, — или как результат перемещения окружности, центр которой перемещается по прямой O_1O_2, а плоскость, определяемая этой окружностью, перпендикулярна к O_1O_2.

На рисунке 223 показана еще кривая $T_1T_2T_3$; все ее точки равноудалены от прямой O_1O_2. Можно представить себе образование боковой поверхности этого цилиндра и как результат вращения линии $T_1T_2T_3$ вокруг оси O_1O_2.

Вообще, законы образования какой-либо поверхности могут быть разнообразны; желательно из этих законов и вида образующих линий выбирать те, которые являются наиболее простыми или удобными для изображения поверхности и решения задач, связанных с нею. Если представить себе совокупность прямолинейных образующих и совокупность образующих окружностей (рисунок 223), то каждая линия одной совокупности (одно-

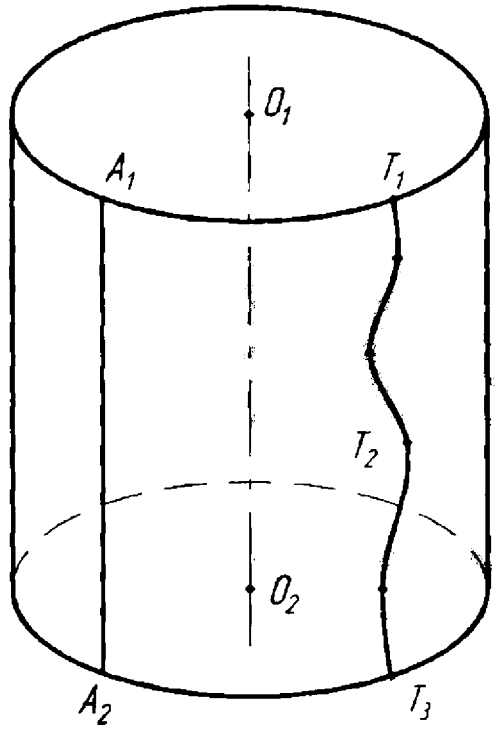


Рисунок 223

го «семейства» линий) пересечет все линии другой совокупности (другого «семейства» линий), в результате чего получается сетка — *каркас* данной поверхности. Такое представление можно распространить и на другие поверхности.

Некоторые кривые поверхности могут быть развернуты так, что совместятся всеми своими точками с плоскостью, не претерпевая каких-либо повреждений (например, разрывов, складок). При этом каждая точка на развертке соответствует единственной точке поверхности; принадлежащие поверхности прямые линии остаются прямыми; отрезки линий сохраняют свою длину; угол, образованный линиями на поверхности, остается равным углу между соответствующими линиями на развертке; площадь какой-либо замкнутой области на поверхности сохраняет свою величину внутри соответствующей замкнутой области на развертке.

Такие поверхности будем называть ***развертываемыми***. К ним относятся только *линейчатые*, причем такие, у которых смежные прямолинейные образующие параллельны, или пересекаются между собой, или являются касательными к некоторой пространственной кривой.

Все кривые нелинейчатые поверхности и те линейчатые, которые не могут быть развернуты в плоскость, называются ***неразвертываемыми*** (или *косыми*).

Задать поверхность на чертеже — значит указать условия, позволяющие построить каждую точку этой поверхности. Для задания поверхности достаточно иметь проекции направляющей линии и указать, как строится образующая линия, проходящая через любую точку направляющей. Но если хотят придать изображению большую наглядность и выразительность, то вычерчивают еще очерк поверхности, несколько положений образующей, наиболее важные линии и точки на поверхности и т. д.

Примерами поверхностей линейчатых развертываемых могут служить поверхности цилиндрические и конические. ***Цилиндрическая поверхность*** образуется прямой линией, сохраняющей во всех своих положениях параллельность некоторой заданной прямой линии и проходящей последовательно через все точки некоторой кривой *направляющей* линии (рисунок 221).

Коническая поверхность образуется прямой линией, проходящей через некоторую неподвижную точку и последовательно через все точки некоторой кривой *направляющей* линии (рисунок 224). Неподвижная точка S называется *вершиной* конической поверхности.

Если точку S удалить в бесконечность, то коническая поверхность превращается в цилиндрическую.

В числе кривых поверхностей — линейчатых и нелинейчатых — имеются широко распространенные в практике поверхности вращения. ***Поверхностью вращения*** называют поверхность, получаемую от враще-

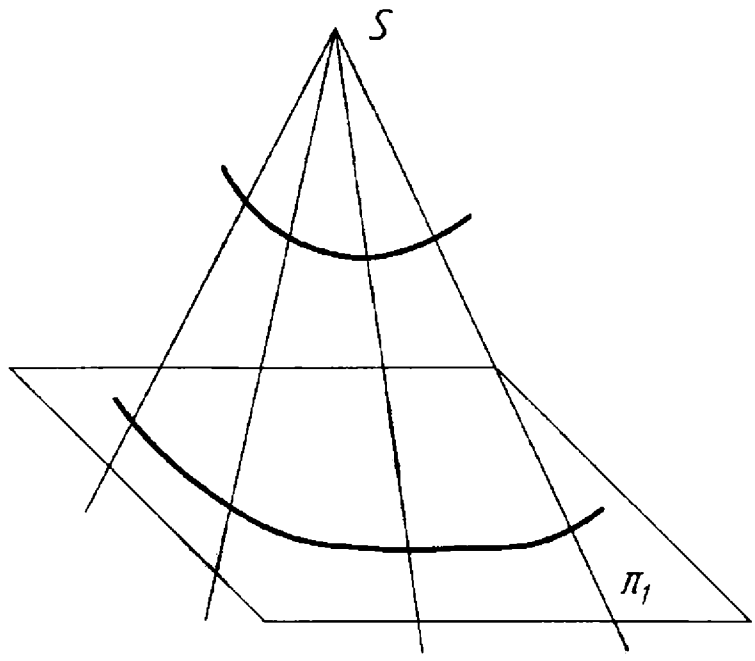


Рисунок 224

ния какой-либо образующей линии вокруг неподвижной прямой — ***оси поверхности.***

Поверхность вращения можно задать образующей и положением оси. На рисунках 176, 180 и 223 показаны такие поверхности. Каждая точка образующей описывает окружность. Таким образом, плоскость, перпендикулярная к оси поверхности вращения, пересекает эту поверхность по окружности. Такие окружности называются ***параллелями***. Наибольшую из параллелей называют ***экватором***, наименьшую — ***горлом*** поверхности.

Плоскость, проходящую через ось поверхности вращения, называют ***меридиональной плоскостью***. Линия пересечения поверхности вращения меридиональной плоскостью называется ***меридианом поверхности***.

Можно назвать *вершиной поверхности вращения* точку пересечения меридиана этой поверхности с ее осью, если в пересечении не образуется прямой угол.

Если ось поверхности вращения параллельна плоскости π_2, то меридиан, лежащий в плоскости, параллельной плоскости π_2, называется ***главным меридианом***. При таком положении главный меридиан проецируется на плоскость π_2, без искажения. Если ось поверхности вращения перпендикулярна к плоскости π_1, то горизонтальная проекция поверхности имеет очерк в виде окружности.

На рисунке 225 изображен один виток ***винтовой поверхности***, образованной движением отрезка *AB*. Прямая, определяемая данным отрезком, во всех положениях пересекает ось под одним и тем же углом (на рисунке 225 угол 60°). Перемещение концов отрезка вдоль оси пропорционально угловому перемещению отрезка.

Точки *A* и *B* образуют цилиндрические винтовые линии, как и все точки отрезка *AB*, и, следовательно, для более точного изображения

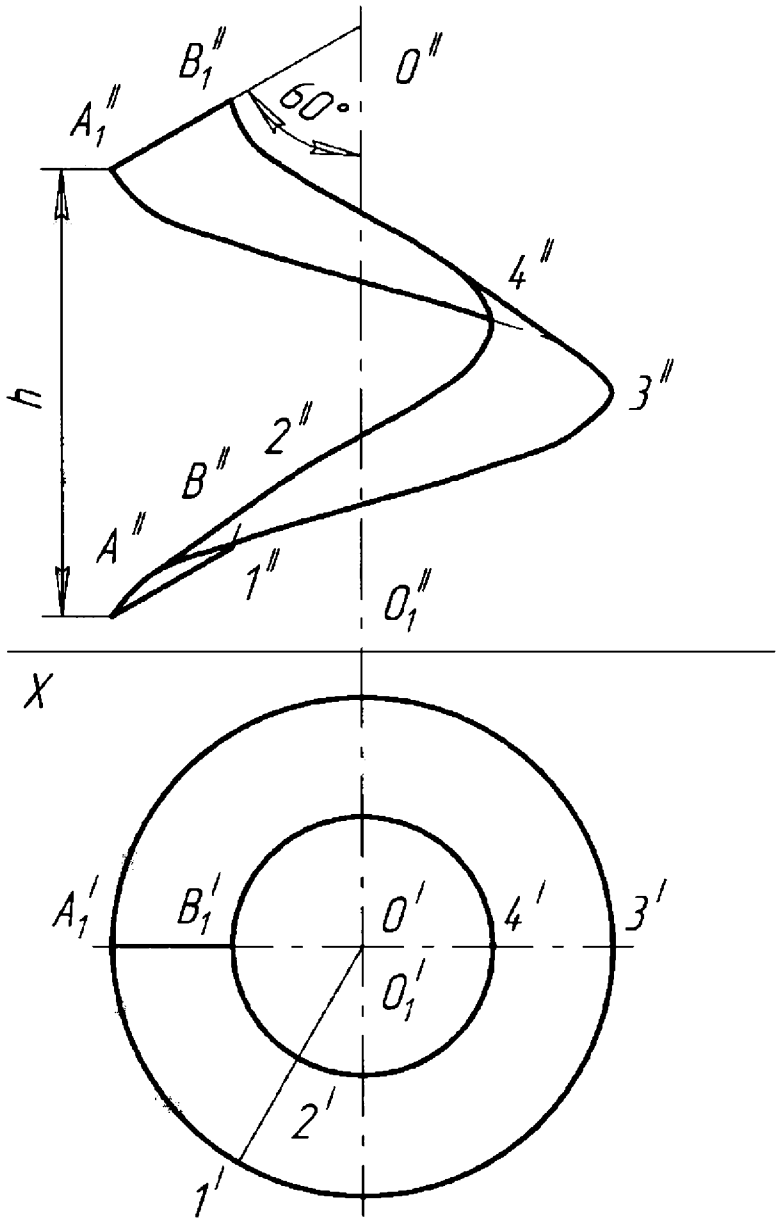


Рисунок 225

очерка винтовой поверхности на плоскости π_2, надо было бы провести возможно больше проекции винтовых линий, описываемых различными точками отрезка *AB*, и затем провести кривые, огибающие эти проекции. Практически вместо этого громоздкого построения обычно проводят прямые, одновременно касающиеся проекций винтовых линий. Если наклон образующей по отношению к оси цилиндра не равен 90° (например, 60° на рисунке 225), то *винтовая поверхность носит название косой*. Если же этот угол равен 90°, то образуется *прямая винтовая поверхность*.

При изображении кривых поверхностей и при выполнении связанных с ними построений может оказаться необходимым проведение плоскости, касательной к поверхности.

Возьмем небольшую часть поверхности и точку на ней. Если через эту точку проведены на поверхности кривые и касательные к ним прямые, то последние оказываются в одной плоскости. Эту плоскость называют *касательной к поверхности* в данной ее точке.

Точка поверхности, в которой может быть, и притом только одна, касательная плоскость, называется ***обыкновенной*** (или *правильной*). Обыкновенным точкам противопоставляются ***особые***, например: вершина конической поверхности, вершина поверхности вращения, точка на ребре возврата.

Плоскость вполне определяется двумя пересекающимися прямыми; поэтому для построения плоскости, касательной к кривой поверхности в некоторой ее точке, достаточно через эту точку провести на поверхности две кривые и к каждой из них касательную в той же точке. Эти две прямые (касательные) определяют касательную плоскость.

Перпендикуляр к касательной плоскости в обыкновенной точке поверхности служит *нормалью к поверхности*. Отсюда ***нормальное сечение поверхности*** — сечение плоскостью, проходящей через нормаль.

На рисунке 226 построена плоскость, касательная к вытянутому эллипсоиду вращения в его точке K. Через эту точку проведена параллель поверхности и к ней касательная KF: проекция $K''F''$ совпадает с

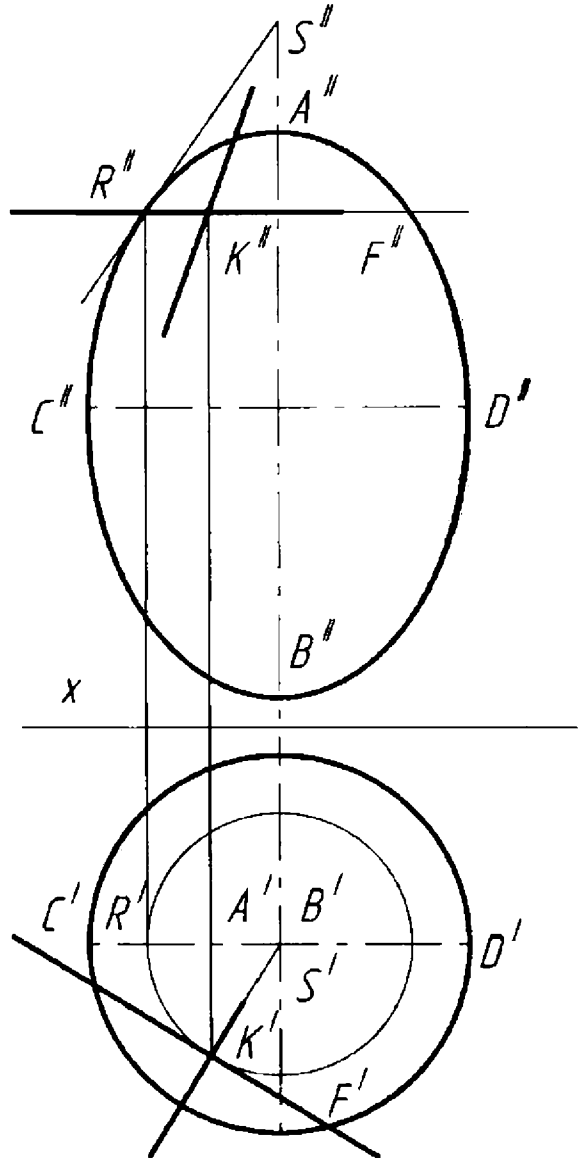


Рисунок 226

фронтальной проекцией параллели, а горизонтальная проекция $K'F'$ является касательной к окружности — горизонтальной проекции параллели. В качестве второй кривой, проходящей через точку K, взят меридиан. Прямые KF и SK определяют искомую плоскость.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое поверхность?
2. Как образуется поверхность, называемая кинематической?
3. Что такое образующая (или производящая) линия поверхности?
4. В чем различие между линейчатой и нелинейчатой поверхностями?
5. Что называется поверхностью вращения?
6. Чем можно задать поверхность вращения?
7. Как образуется прямая и косая винтовые поверхности?

Раздел 3
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Для быстрого внедрения и освоения новой техники важное значение приобретает умение правильно, с меньшей затратой времени создавать конструкторскую документацию, с учетом всех требований ЕСКД, а также правильно и быстро читать машиностроительные чертежи.

Прочитать машиностроительный чертеж изделия — значит получить представление о его форме, размерах, порядке и способе изготовления и контроля.

Инженерная графика базируется на теоретических основах начертательной геометрии. Для успешного овладения курсом инженерной графики необходимо изучение стандартов ЕСКД, в которых содержатся сведения по изображению изделий с применением упрощений и условностей.

Например, машиностроительный чертеж не имеет осей проекций, линий связи и содержит минимум линий невидимых контуров.

При выполнении чертежей и других конструкторских документов необходимо строгое соблюдение соответствующих государственных стандартов.

3.1 Виды изделий

ГОСТ 2.101—68 устанавливает виды изделий всех отраслей промышленности при выполнении конструкторской документации.

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделия, в зависимости от их назначения, делят на изделия основного производства и на изделия вспомогательного производства. К ***изделиям основного производства*** следует относить изделия, предназначенные для поставки (реализации). К ***изделиям вспомогательного производства*** следует относить изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия, изготавливающего их.

Устанавливаются следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты.

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла, литой корпус, пластина из биметаллического листа, печатная плата, маховичок из пластмассы (без арматуры), отрезок провода или кабеля заданной длины, эти же изделия, подвергнутые покрытиям, эти же изделия, изготовленные с применением сварки, спайки, склейки, сшивки, например: винт, подвергнутый хромированию; трубка, спаянная или сваренная из одного куска листового материала; коробка, склеенная из одного куска картона.

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой и т. п.). Например: автомобиль, станок, редуктор, маховичок из пластмассы с металлической арматурой.

Комплекс — два или более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Каждое из этих изделий, входящих в комплекс, служит для выполнения своих основных функций, установленных для всего комплекса, например: завод-автомат, автоматическая телефонная станция, бурильная установка. В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, могут входить детали, сборочные единицы и комплекты, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например: детали и сборочные единицы, предназначенные для монтажа комплекса на месте его эксплуатации; комплект запасных частей, укладочных средств, тары и др.

Комплект — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, комплект упаковочной тары и т. п.

К ***покупным*** относятся изделия, не изготовляемые на данном предприятии, а получаемые им в готовом виде, кроме получаемых в порядке кооперирования.

К ***изделиям, получаемым в порядке кооперирования***, относят составные части разрабатываемого изделия, изготовляемые на другом предприятии по конструкторской документации, входящей в комплект документов разрабатываемого изделия.

Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, делят на:

а) неспецифицированные (детали) — не имеющие составных частей;

б) специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты) — состоящие из двух и более составных частей.

Понятие «составная часть» следует применять только в отношении конкретного изделия, в состав которого она входит. Составной частью может быть любое изделие (деталь, сборочная единица, комплекс и комплект).

3.2 Виды и комплектность конструкторских документов

ГОСТ 2.102—68 устанавливает виды и комплектность конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности. К конструкторским документам (именуемым в дальнейшем словом «документы») относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Документы подразделяются на виды:

Чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Сборочный чертеж (СБ) — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля (здесь и далее в этой главе в скобках дан буквенно-цифровой код документа).

Чертеж общего вида (ВО) — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

Габаритный чертеж (ГЧ) — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

Электромонтажный чертеж (МЭ) — документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия.

Монтажный чертеж (МЧ) — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения.

Схема — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. Буквенно-цифровой код схемы определяет ГОСТ 2.701—84.

Спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Пояснительная записка (ПЗ) — документ, содержащий описание устройства и принцип действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.

Технические условия (ТУ) — документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах.

Эксплуатационные документы — документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации. Код эксплуатационных документов определяет ГОСТ 2.601—95.

Документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на ***проектные*** (техническое предложение, эскизный проект, технический проект) и ***рабочие*** (рабочая документация).

При определении комплектности конструкторских документов на изделие следует различать:

— основной конструкторский документ;
— основной комплект конструкторских документов;
— полный комплект конструкторских документов.

Основной конструкторский документ изделия в отдельности или в совокупности с другими записанными в нем конструкторскими документами полностью и однозначно определяют данное изделие и его состав.

За основные конструкторские документы принимают:

— для деталей — ***чертеж детали***;
— для сборочных единиц, комплексов и комплектов — ***спецификацию***.

Изделие, примененное по конструкторским документам, выполненным в соответствии со стандартами ЕСКД, записывают в документы других изделий, в которых оно применено, за обозначением своего основного конструкторского документа. Считается, что такое изделие применено по своему основному конструкторскому документу.

Основной комплект конструкторских документов изделия объединяет документы, относящиеся ко всему изделию, например: сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия, эксплуатационные документы.

Полный комплект конструкторских документов изделия составляют из следующих документов:

— основного комплекта конструкторских документов на данное изделие;

– основных комплектов конструкторских документов на все составные части данного изделия, примененные по своим основным конструкторским документам.

Номенклатура конструкторских документов, разрабатываемых на изделия в зависимости от стадий разработки, определена ГОСТ 2.102—68, согласовывается с заказчиком изделия и записывается в техническое задание на разрабатываемое изделие.

3.3 Стадии разработки

ГОСТ 2.103—68 устанавливает стадии разработки конструкторской документации, которая подразделяются на проектную и рабочую.

К ***проектной конструкторской документации*** относятся:

Техническое задание на проектирование — совместный документ, составленный разработчиком изделия и заказчиком изделия. Документ содержит технические параметры на разрабатываемое изделие, сроки разработки, исполнителей работ, источник финансирования разработки и другие данные.

Техническое предложение — совокупность конструкторских документов с литерой «П», которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные исследования. Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного проекта.

Эскизный проект — совокупность конструкторских документов с литерой «Э», которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общие представления об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Технический проект — совокупность конструкторских документов с литерой «Т», которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Проектная конструкторская документация является основой для разработки рабочей конструкторской документации.

Рабочая конструкторская документация на опытную партию — совокупность конструкторских документов с литерой *«О»*, предназначенных для изготовления, контроля и испытания на заводе-изготовителе опытной партии изделия. По результатам приемочных испытаний опытной партии осуществляется корректировка конструкторских документов с присвоением литеры *«$О_1$»*. Организация серийного производства. Изготовление и испытание установочной серии по документации с литерой *«$О_1$»*. По результатам испытания установочной серии осуществляется корректировка документации с присвоением ей литеры *«А»*.

3.4 Обозначение изделий и конструкторских документов

ГОСТ 2.201—80 устанавливает единую обезличенную классификационную систему обозначений изделий основного и вспомогательного производства и их конструкторских документов всех отраслей промышленности.

Основой обезличенной системы является единый классификатор, в котором каждое изделие, деталь, сборочная единица закодированы определенным номером.

Каждому изделию в соответствии с ГОСТ 2.101—68 должно быть присвоено обозначение. Обозначение изделия является одновременно обозначением его основного конструкторского документа (чертежа детали или спецификации). Обозначение изделиям и конструкторским документам присваивают централизованно.

Установлена следующая структура обозначения изделия и основного конструкторского документа (рисунок 227).

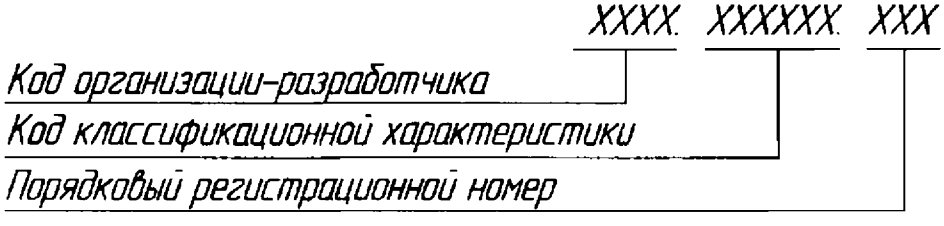


Рисунок 227

Четырехзначный (трехзначный или двузначный) буквенно-цифровой код организации-разработчика назначается по кодификатору организаций-разработчиков и определяет принадлежность документа конкретной организации или предприятию.

Код классификационной характеристики присваивают изделию и конструкторскому документу по классификатору изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (Классифи-

катору ЕСКД). Классификатор изделий и конструкторских документов — Классификатор ЕСКД представляет собой систематизированный свод наименований классификационных группировок объектов классификации — изделий основного и вспомогательного производства всех отраслей народного хозяйства, общетехнических документов и их кодов и является составной частью Единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации (ЕСКК ТЭИ).

В Классификатор ЕСКД включены классификационные характеристики изделий — деталей, сборочных единиц, комплектов, комплексов, на которые разработана и разрабатывается конструкторская документация по ЕСКД, в том числе стандартные изделия, а также общетехнические документы (нормы, правила, требования, методы и т. д.), на изделия, входящие в Классификатор ЕСКД.

Классификационная характеристика является основной частью обозначения изделия и его конструкторского документа. Код классификационной характеристики изделия представляет собой шестизначное число, последовательно обозначающее класс (первые два знака), подкласс, группу, подгруппу, вид (по одному знаку).

Структура кода классификационной характеристики изображена на рисунке 228.

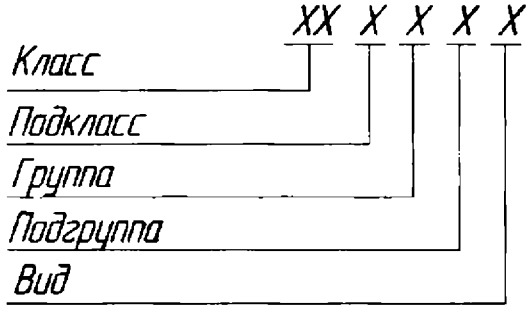


Рисунок 228

Порядковый регистрационный номер присваивают по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика.

Обозначение неосновного конструкторского документа должно состоять из обозначения изделия и кода документа, установленного ГОСТ 2.102—68 (рисунок 229).

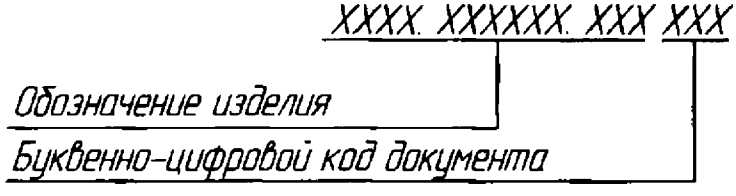


Рисунок 229

Примеры:
АВГБ.061341.021СБ,
АВГБ.061341.021ТУ.

3.5 Изображения — виды, разрезы, сечения

При выполнении машиностроительных чертежей пользуются правилами прямоугольного проецирования. При этом предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (рисунок 230).

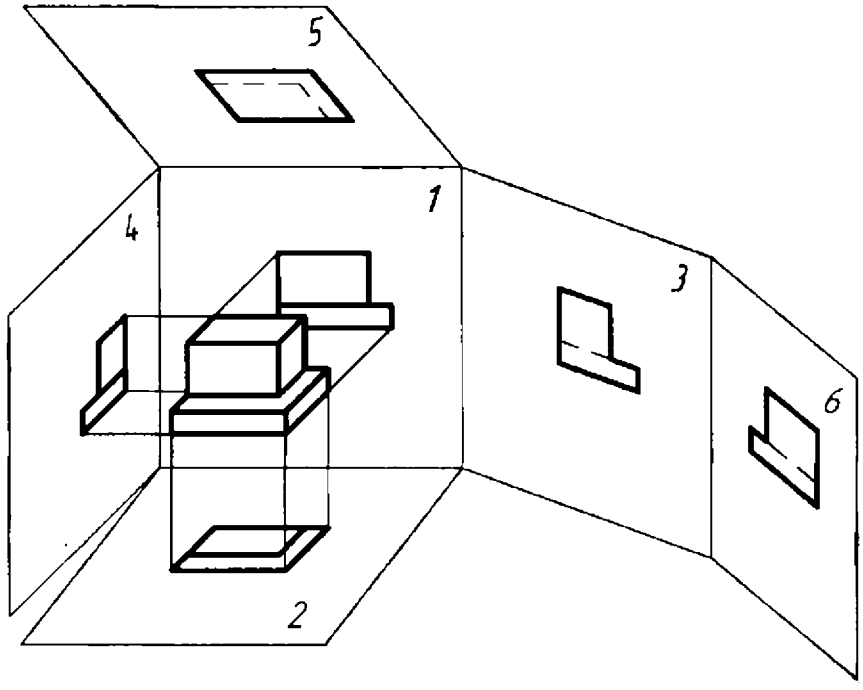


Рисунок 230

За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба, которые совмещают с плоскостью, как показано на рисунке 231.

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало

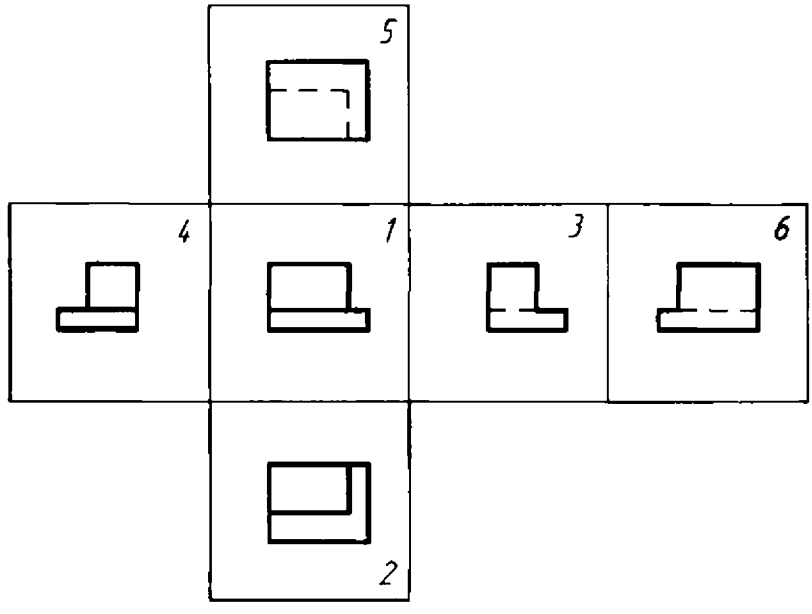


Рисунок 231

наиболее полное представление о форме и размерах предмета. В начертательной геометрии изображения предмета на чертежах называли проекциями. В инженерной графике изображения предметов в ортогональных проекциях в зависимости от их содержания разделяются на вилы, разрезы и сечения.

В целях уменьшения количества изображений допускается показывать на них штриховыми линиями невидимые контуры предмета (рисунок 231).

Правила выполнения изображений — видов, разрезов, сечений на чертеже устанавливает ГОСТ 2.305—68.

Вид — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

Разрез — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Сечение — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

3.6 Виды

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (рисунок 231):

- *1* — вид спереди (главный вид);
- *2* — вид сверху;
- *3* — вид слева;
- *4* — вид справа;
- *5* — вид снизу;
- *6* — вид сзади.

Все виды на чертеже должны, по возможности, располагаться в проекционной связи, что облегчает чтение чертежа. В этом случае на чертеже не наносятся какие-либо надписи, разъясняющие наименование видов.

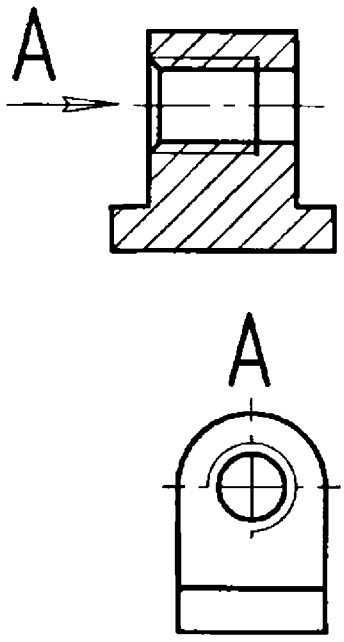


Рисунок 232

Если виды не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением (видом или разрезом, изображенным на фронтальной плоскости проекций), то направление проецирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (рисунок 232).

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать приведенным на рисунке 233. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в два раза. ***Главный вид*** и другие ***основные виды*** должны быть рационально расположены на поле чертежа с учетом нанесения размеров и размещения текстовых надписей.

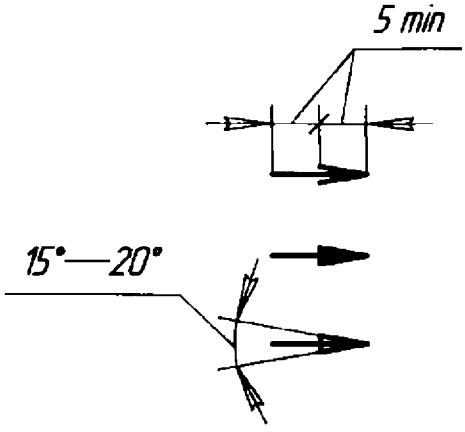


Рисунок 233

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных видах без искажения формы и размеров, то применяют ***дополнительные виды***, получаемые проецированием на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций.

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой, а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (рисунок 234). Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и изображение вида не наносят (рисунок 235).

Дополнительный вид допускается повертывать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим знаком «↻» — **повернуто**. При необходимости указывается угол поворота (рисунок 236). Знак «повернуто» вычерчивается тонкой сплошной линией в виде окружности минимальным диаметром 5 мм (рисунок 271).

Если при выполнении чертежа требуется выяснить форму или устройство поверхности предмета в отдельном, ограниченном месте, тогда выполняют изображение только этого ограниченного места.

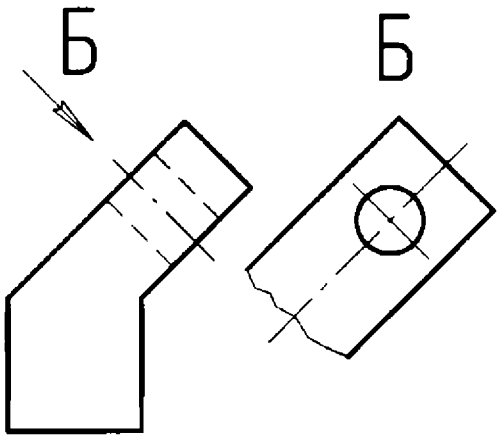


Рисунок 234

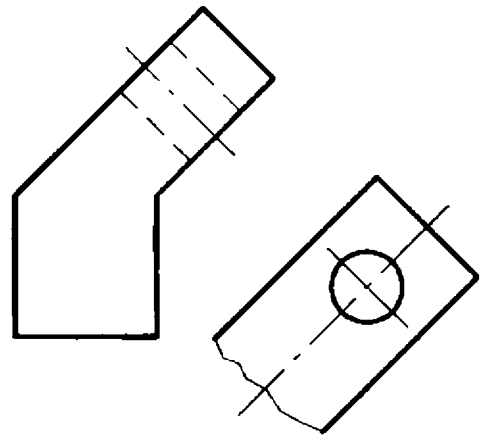


Рисунок 235

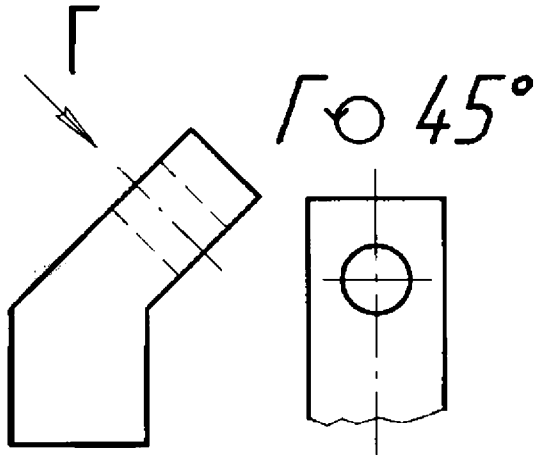


Рисунок 236

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется ***местным видом.***

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (вид Б, рисунок 237), или не ограничен (вид А, рисунок 237). Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

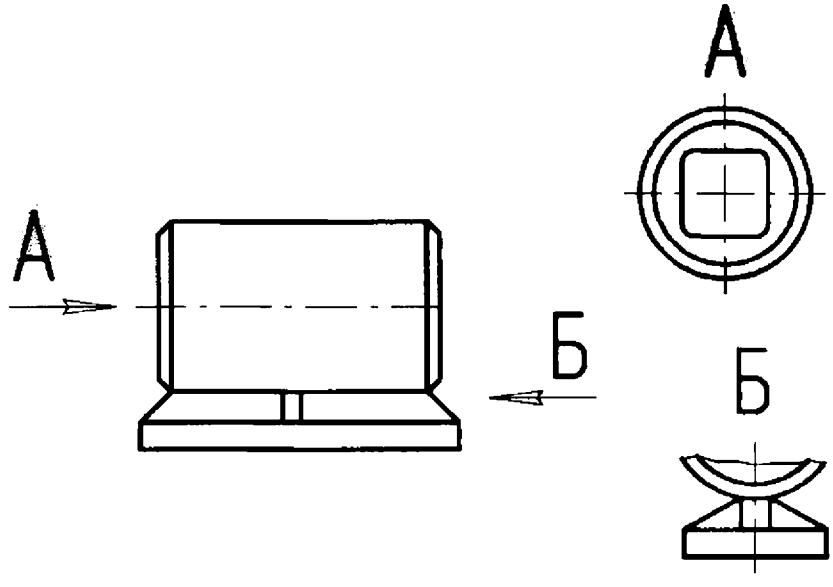


Рисунок 237

3.7 Разрезы

Если деталь полая или имеет внутреннее устройство в виде отверстий, углублений и т. п., на видах невидимые контуры изображают штриховыми линиями. При сложной внутренней конфигурации детали большое количество штриховых линий затрудняет чтение чертежа и нередко ведет к неточному представлению о форме детали. Этого можно избежать, применяя условные изображения — ***разрезы***. При разрезе внутренние линии контура, изображавшиеся на чертеже штриховыми линиями, становятся видимыми и изображаются сплошными основными линиями.

Разрезы разделяются в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций на:

горизонтальные — секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рисунок 238);

вертикальные — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (рисунок 239);

наклонные — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (рисунок 240).

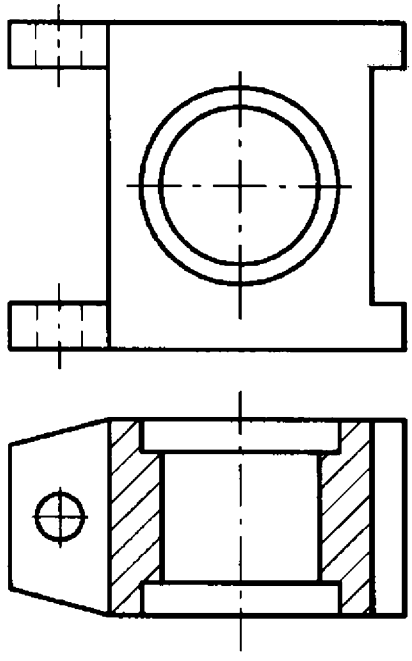


Рисунок 238

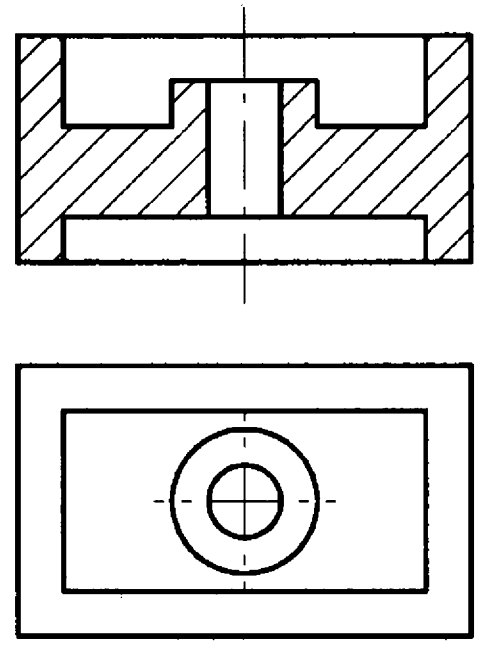


Рисунок 239

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

простые — при одной секущей плоскости (рисунок 238);

сложные — при нескольких секущих плоскостях.

Сложные разрезы бывают ***ступенчатыми***, если секущие плоскости параллельны (рисунок 241) и ***ломаными***, если секущие плоскости пересекаются (рисунок 242).

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия. При

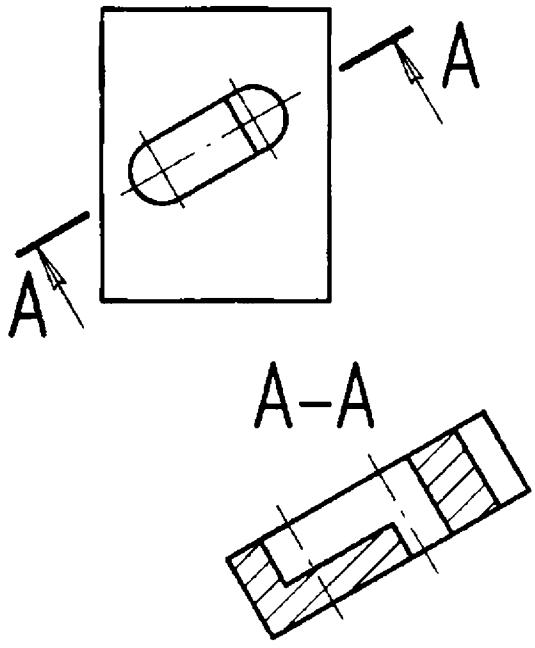


Рисунок 240

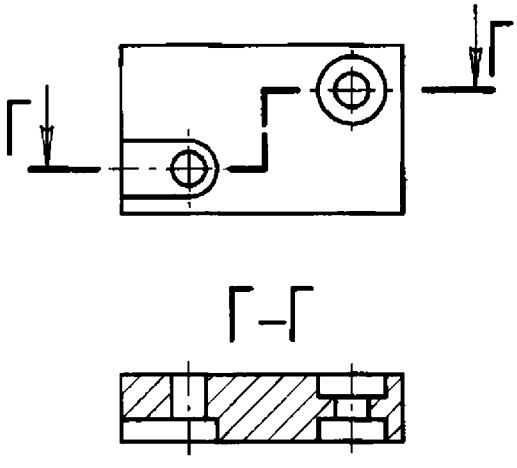


Рисунок 241

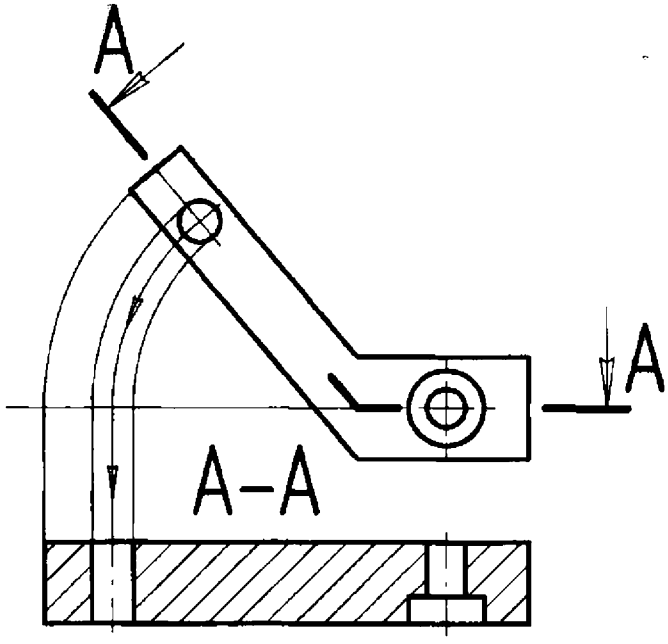


Рисунок 242

сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки должны наноситься на расстоянии 2—3 мм от конца штриха, размеры стрелок изображены на рисунке 233.

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения. У начала и конца линии сечения ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда. Разрез должен быть отмечен надписью по типу «А—А» (всегда двумя буквами через тире). Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответ-

ствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не отмечают положение секущей плоскости, и разрез надписью не сопровождают (рисунок 238, рисунок 239). Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов. Вертикальный разрез, когда секущая плоскость не параллельна фронтальной или профильной плоскостям проекций, а также наклонный разрез должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения. Допускается располагать такие разрезы в любом месте чертежа (рисунок 243), а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должен быть добавлен графический знак «повернуто» (рисунок 244).

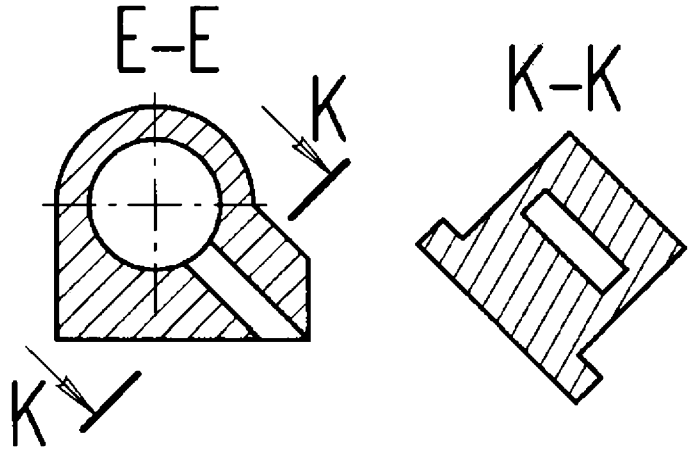


Рисунок 243

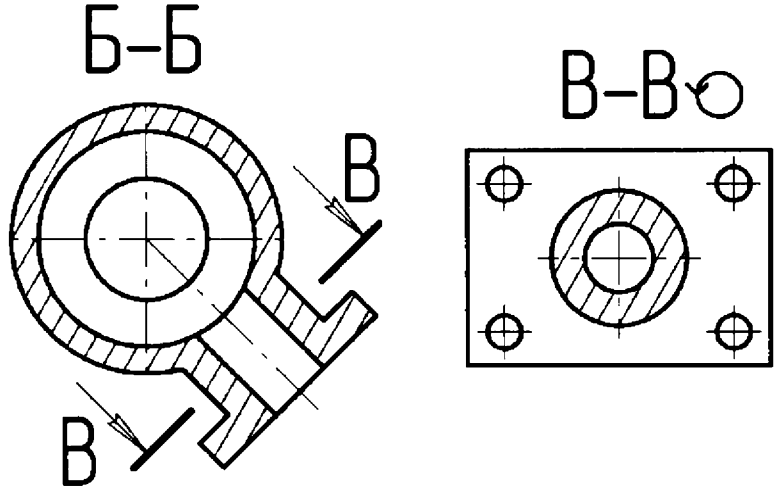


Рисунок 244

При выполнении ступенчатого разреза секущие плоскости совмещают в одну плоскость, и ступенчатый разрез оформляется как простой. Линии, разделяющие два сечения друг от друга в местах перегибов на ступенчатом разрезе, не указываются.

При ломаных разрезах секущие плоскости условно повертывают около линии пересечения секущих плоскостей до совмещения в одну плоскость, параллельной какой-либо из основных плоскостей проекций.

На рисунке 242 показаны линии построения ломаного разреза; эти построения на чертеже не показывают. Ломаный разрез размещается на месте соответствующего вида. При этом направление поворота может и не совпадать с направлением взгляда (рисунок 245).

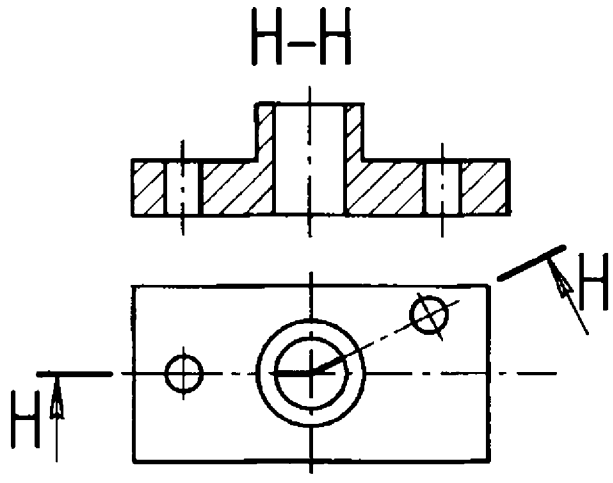


Рисунок 245

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется ***местным***.

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом (рисунок 246). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

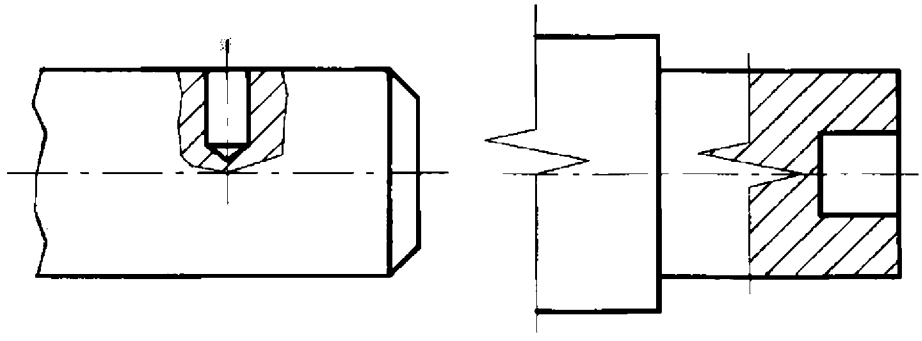


Рисунок 246

Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой с изломом (рисунок 247). Если при этом соединяется половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (рисунок 248).

Разрезы называются ***продольными***, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (рисунок 249), и ***поперечными***,

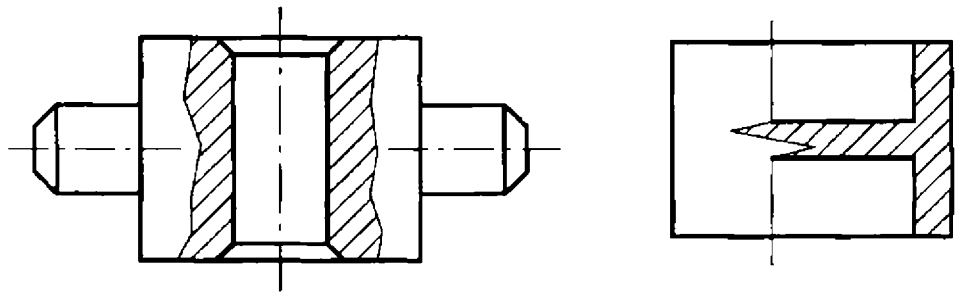


Рисунок 247

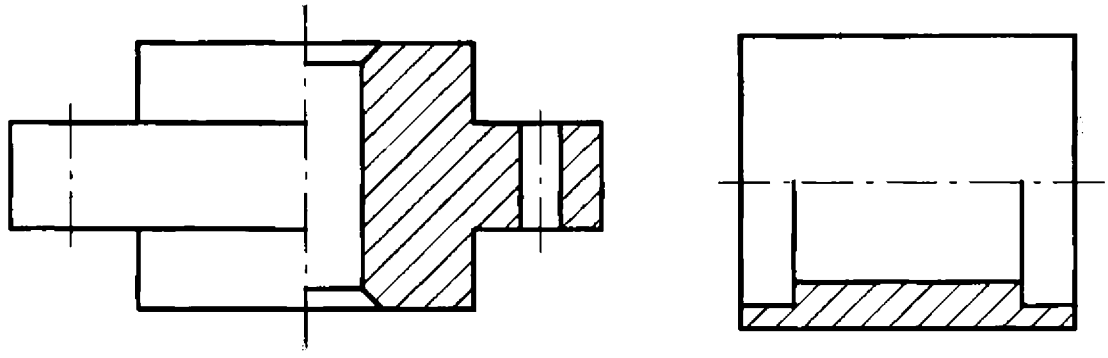


Рисунок 248

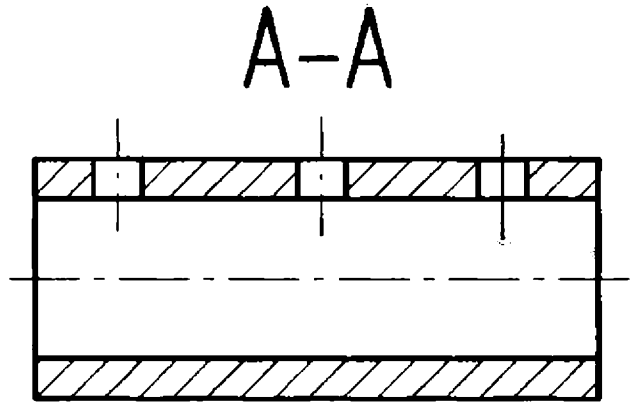


Рисунок 249

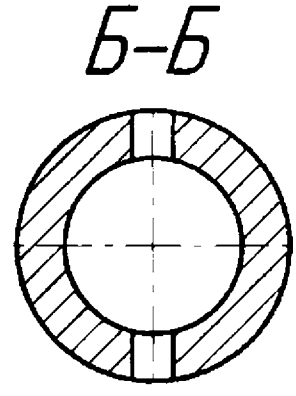


Рисунок 250

если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (рисунок 250).

3.8 Сечения

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на ***вынесенные*** (рисунки 251 и 252) и ***наложенные*** (рисунок 253).

Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рисунок 254).

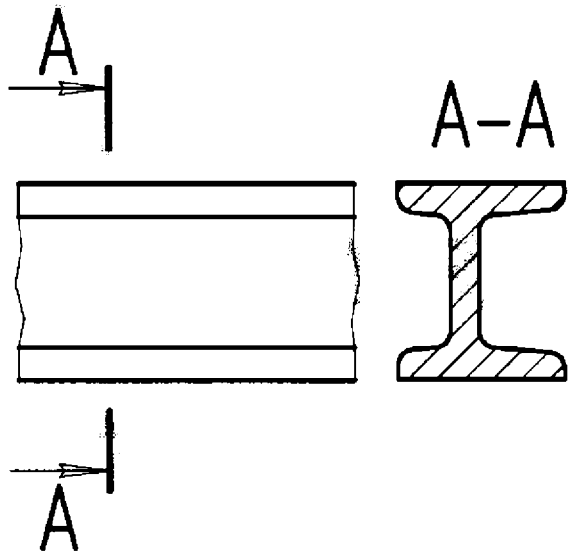


Рисунок 251

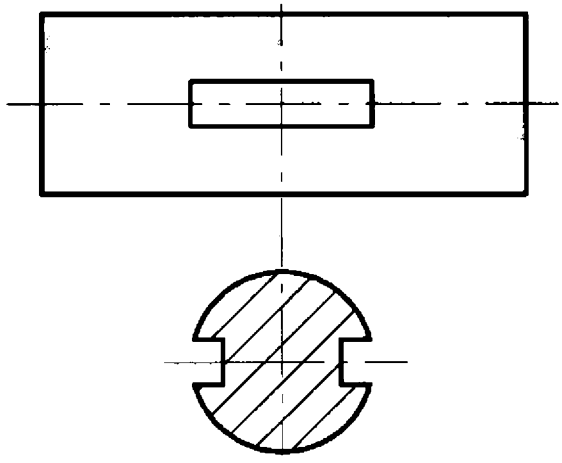


Рисунок 252

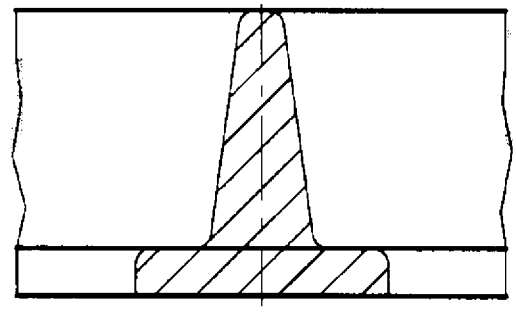


Рисунок 253

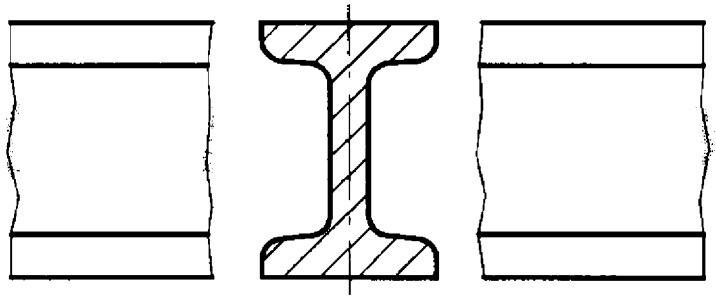


Рисунок 254

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями (рисунок 251), а контур наложенного сечения — сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (рисунок 253).

Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (рисунки 252 и 253) указывают штрих-пунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

В случаях, подобных указанному на рисунке 254, при симметричной фигуре сечения линию сечения не проводят.

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Сечение сопровождают надписью по типу «А—А» (рисунок 251).

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рисунок 255) и наложенных (рисунок 256), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают. Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками.

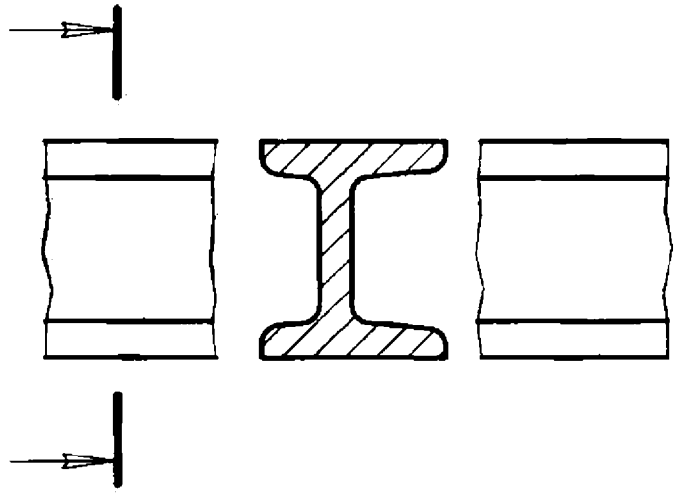


Рисунок 255

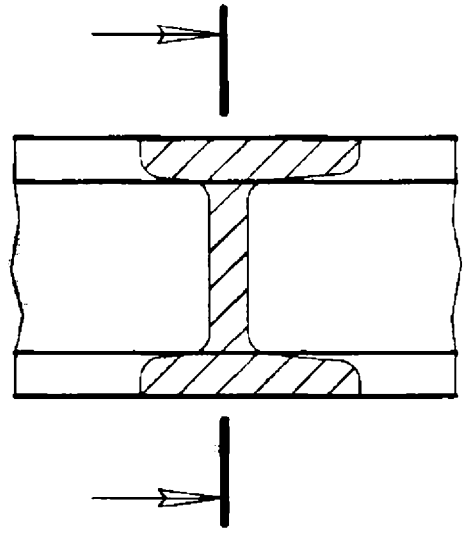


Рисунок 256

Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом, с добавлением графического знака «повернуто».

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рисунок 257).

Если сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы (рисунок 258).

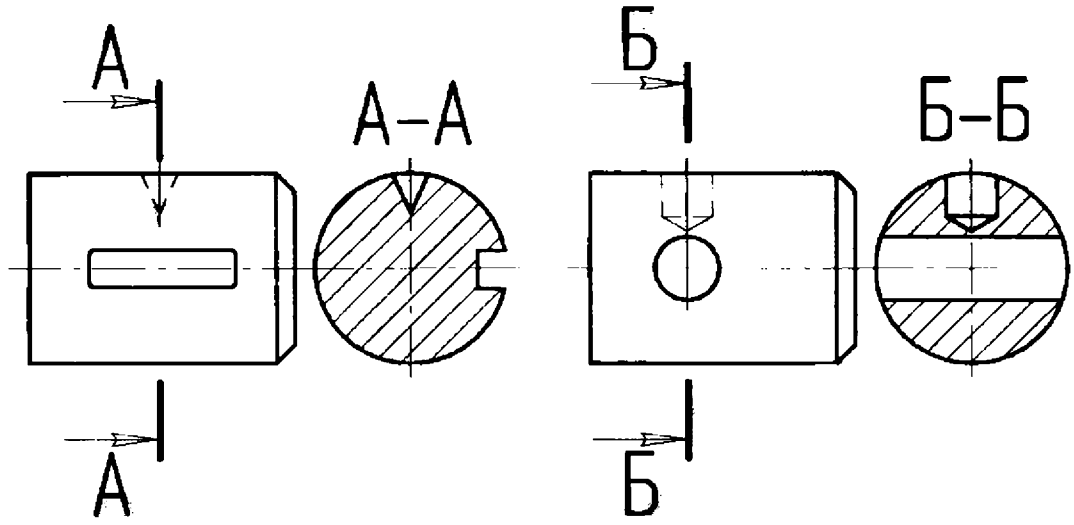


Рисунок 257

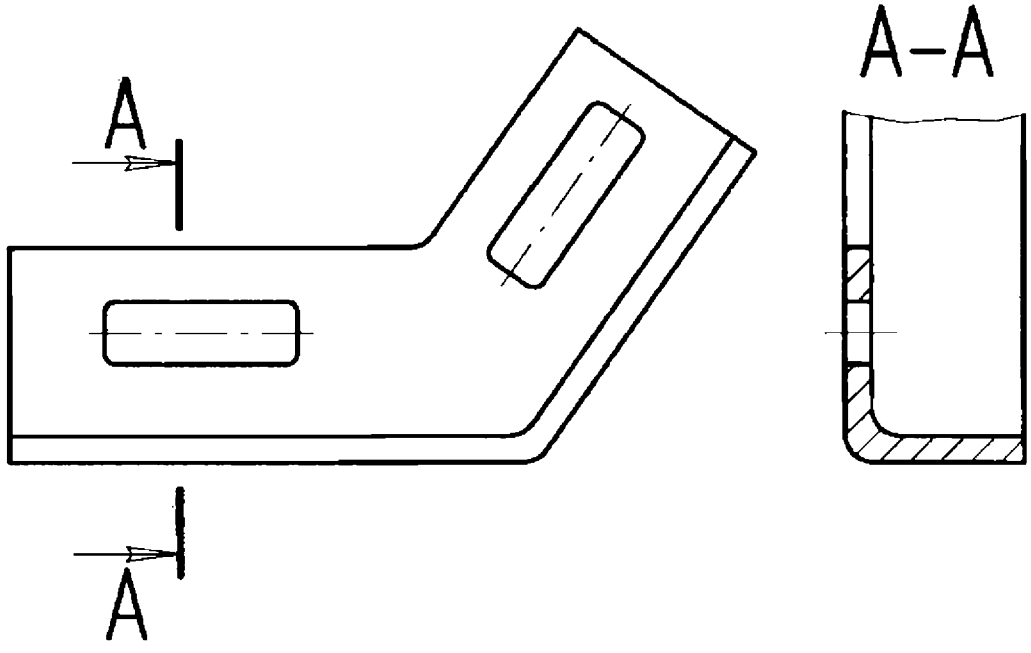


Рисунок 258

3.9 Выносные элементы

Выносной элемент — дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных.

Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении.

При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией — окружностью, овалом и т. п. с обозначением выносного элемента прописной буквой на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывают обозначение и масштаб, в котором он выполнен (рисунок 259). Выносной элемент располагают как можно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

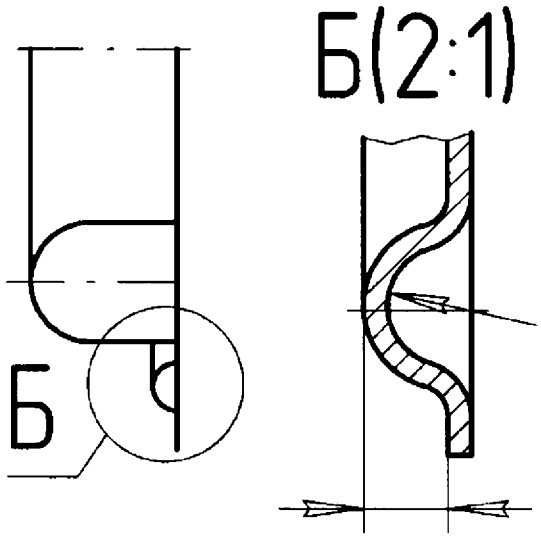


Рисунок 259

3.10 Условности и упрощения при выполнении чертежей

Для того чтобы сделать чертежи более простыми и понятными, а также с целью экономии времени при выполнении чертежа этот же стандарт устанавливает условности и упрощения.

Если вид, разрез или сечение представляют симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения (рисунок 260) или немного более половины изображения с проведением в последнем случае линии обрыва (рисунок 261).

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента, а остальные элементы показывают упрощенно или условно (рисунок 262).

Плавный переход от одной поверхности к другой показывается условно или совсем не показывается (рисунок 263).

Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п. при продольном разрезе показывают нерассеченными. Шарики всегда показывают нерассеченными. Как правило, показываются нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы. Такие элементы как спицы маховиков, шкивов, зубчатых ко-

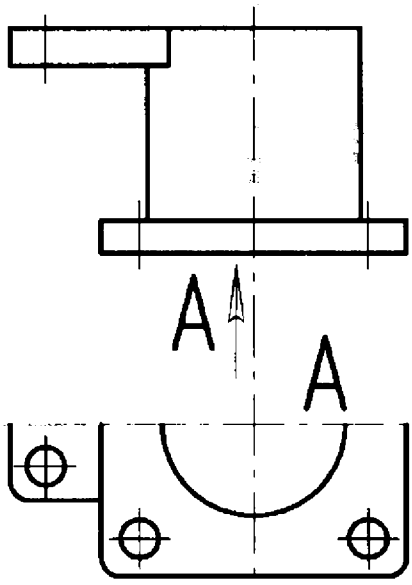


Рисунок 260

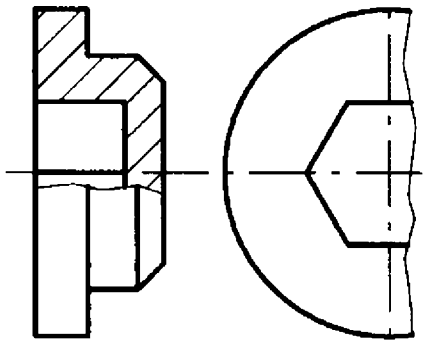


Рисунок 261

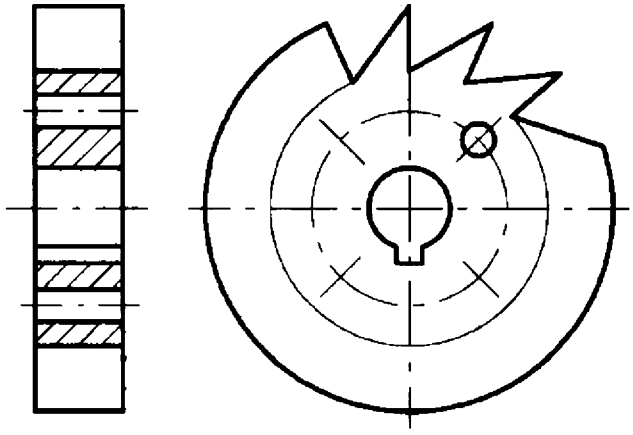


Рисунок 262

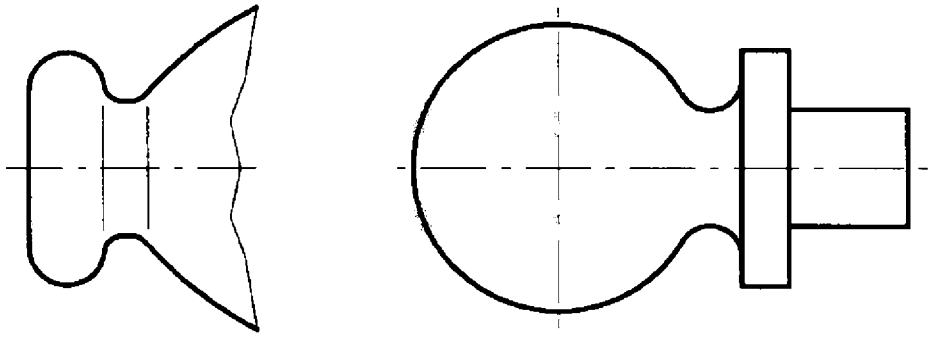


Рисунок 263

лес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п. показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (рисунок 264). Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п.) размером на чертеже 2 мм и менее изображают с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения. Допускается незначительную конусность или уклон изображать с увеличением.

Допускаются упрощения, подобные указанным на рисунке 265.

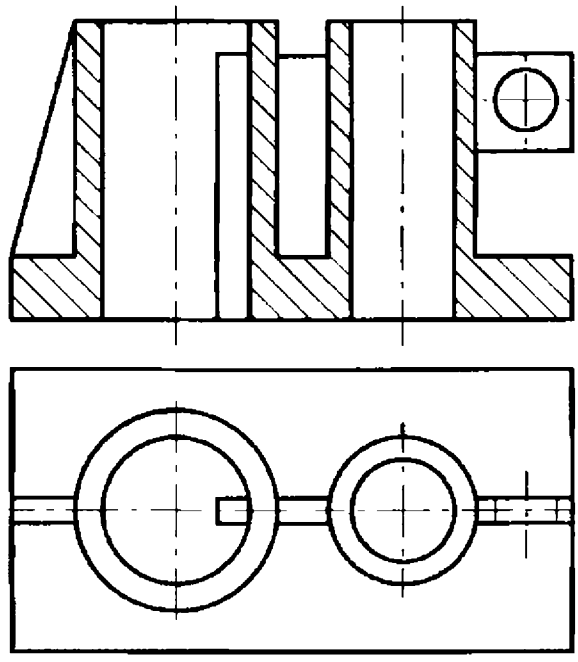


Рисунок 264

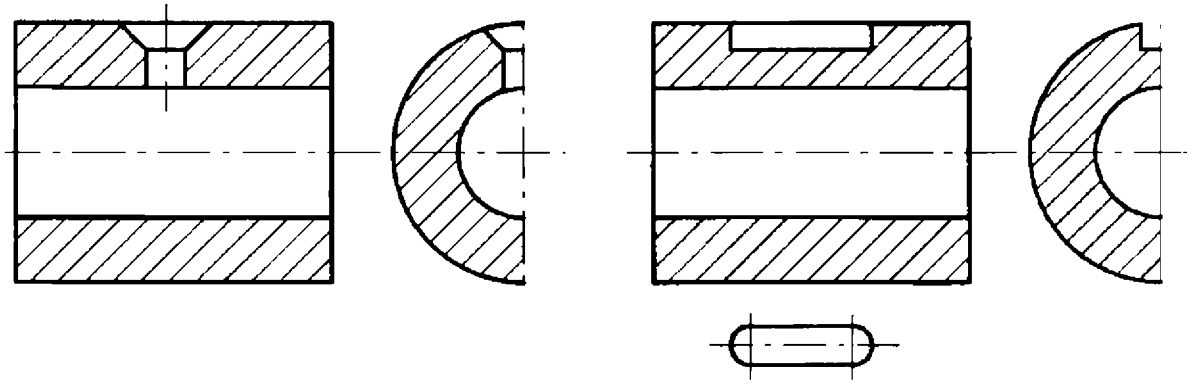


Рисунок 265

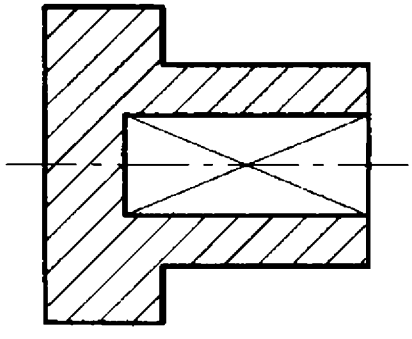


Рисунок 266

При необходимости выделения на чертеже плоских поверхностей предмета на них проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рисунок 266).

Предметы или элементы, имеющие постоянное или закономерно меняющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п.) допускается изображать с разрывами. Частичное изображение и изображение с разрывами ограничивают одним из следующих способов (рисунок 267).

На чертежах предметов со сплошной сеткой, плетенкой, орнаментом, рельефом, накаткой и т. д. допускается изображать эти элементы частично (рисунок 268).

Для показа отверстий в ступицах зубчатых колес, шкивов и т. п., а также для шпоночных пазов вместо полного изображения детали допускается давать лишь контур отверстия (рисунок 265) или паза (рисунок 269).

Условное графическое обозначение «развернуто» должно быть нанесено на чертеж в виде знака (рисунок 270), а условное графическое обозначение «повернуто» должно соответствовать знаку на рисунке 271. Знаки выполняются тонкой линией.

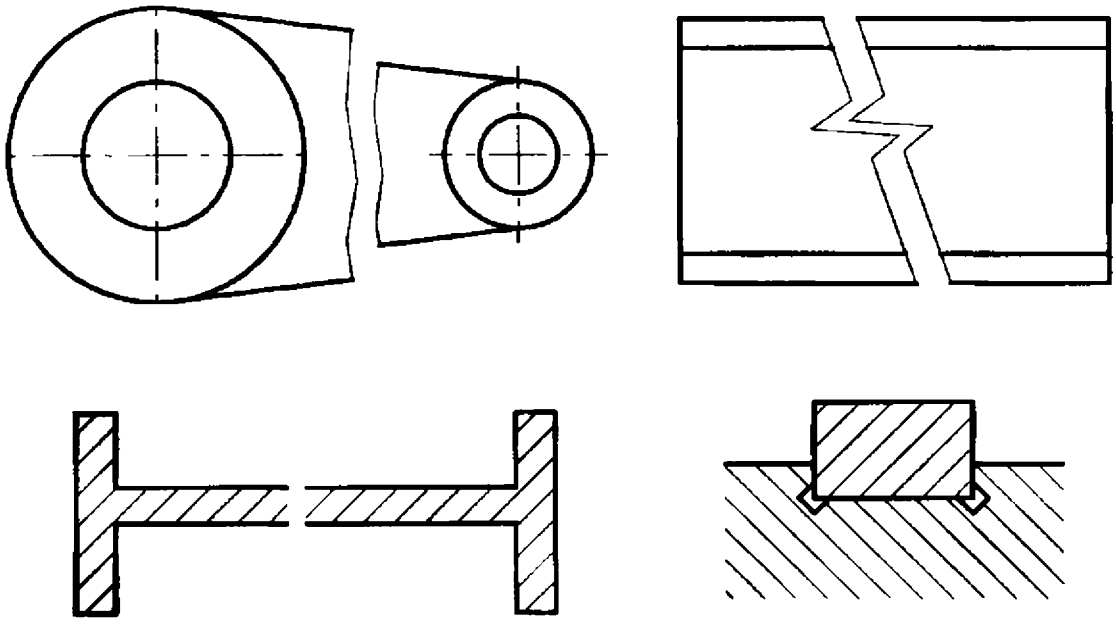


Рисунок 267

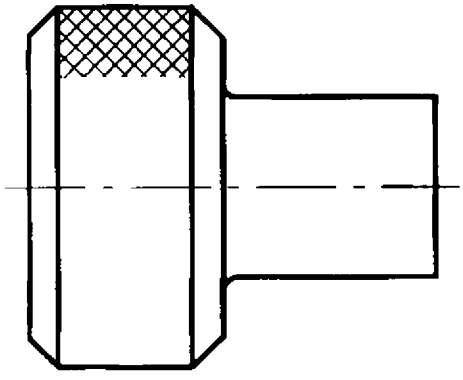


Рисунок 268

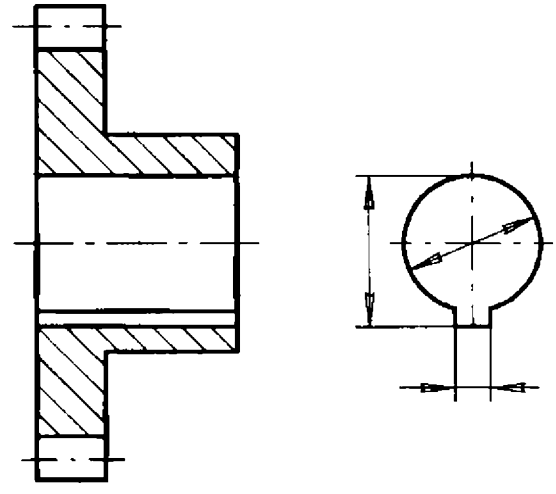


Рисунок 269

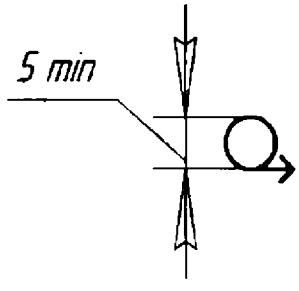


Рисунок 270

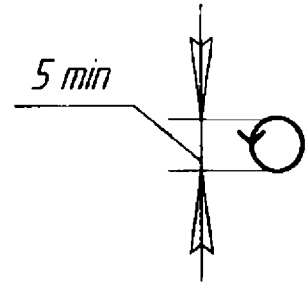


Рисунок 271

Вопросы для самопроверки

1. Как оформляют изображения, называемые видом?
2. Какая разница между основным и дополнительным видом?
3. Какие элементы деталей на продольных разрезах не заштриховывают?
4. Что называется сложным разрезом? Назовите виды сложных разрезов?
5. Какой разрез называется наклонным?
6. Что называется местным разрезом?
7. В чем заключается особенность выполнения разрезов на симметричных изображениях?
8. Какая разница между разрезом и сечением?
9. Назовите виды сечений.
10. В каком случае на разрезах не отмечают положения секущей плоскости и не сопровождают разрез надписью?

3.11 Элементы технического рисования и эскизирования

Технический рисунок — это наглядное изображение, выполненное по правилам аксонометрических проекций от руки, на глаз. Им пользуются на производстве для иллюстрации чертежей. Часто технический рисунок является первичной формой отображения творческих идей.

В тех случаях, когда трудно выразить мысль словами или текстом, хорошо помогает рисунок.

Инженер и техник должны уметь технически грамотно и быстро выполнять эскизы и рисунки деталей.

Рисунок в центральной проекции (в перспективе) ввиду сложности построения и значительных искажений формы и размеров в машиностроении применяется редко. Такой вид изображения применяют художники при создании картин и архитекторы при создании архитектурно-строительных проектов.

Так как в аксонометрических проекциях нет перспективных искажений, их используют в техническом рисовании.

Обычно технический рисунок детали выполняется в изометрической проекции.

Для приобретения навыков в техническом рисовании необходимо проделать ряд упражнений в проведении линий от руки, делении отрезков и прямых углов на равные части без инструментов.

Наклон линии под 45° получается при делении прямого угла на две равные части, а при делении на три равные части получают прямую под 30° к горизонтали.

При рисовании ряда фигур используют приближенные способы их построения. При изображении квадрата или прямоугольника, лежащего в плоскости π_1 или π_3, проводят аксонометрические оси y и x или z и y; на осях откладывают размеры сторон, умноженные на коэффициенты

искажения по осям, и через намеченные точки проводят параллельно осям стороны квадрата.

Правильный шестиугольник часто встречается при изображении болтов гаек и других подобных деталей. Рисунок надо начинать также с проведения вертикальной и горизонтальной осей симметрии. На горизонтальной оси симметрии откладывают четыре равных отрезка, а на вертикальной линии — приблизительно три — пять таких же отрезков и намечают на рисунке вершины и стороны шестиугольника.

Проделав ряд упражнений по рисованию фигур, можно перейти к рисованию плоских геометрических тел.

Изображаться геометрические тела должны в аксонометрических проекциях. Начинается рисование с проведения аксонометрических осей и построения оснований. Из вершин полученных многоугольников параллельно соответствующим аксонометрическим осям проводят параллельные линии — боковые ребра.

Рисование цилиндров в аксонометрических проекциях начинается с проведения аксонометрических осей и построения оснований. Для построения оснований необходимо овладеть навыками проведения окружностей и овалов от руки.

Для изображения окружности предварительно намечают две взаимно перпендикулярные (вертикальную и горизонтальную) оси, через центр под углом 45° к горизонтали проводят еще две взаимно перпендикулярные линии. От центра на осях и линиях откладывают «на глаз» одинаковые отрезки, равные радиусу окружности. Через намеченные точки от руки проводится окружность.

При изображении овалов необходимо учитывать коэффициенты по осям. Если овал изображает окружность в изометрической проекции, расположенную в горизонтальной плоскости, то длина большой оси примерно равна пяти отрезкам, а длина малой — трем отрезкам.

Если овал расположен в профильной плоскости, то ось x совпадает с малой осью овала, и их проводят под углом 30° к горизонтали, а большую ось — под углом 90° к малой. Откладывая по осям отрезки, намечают контур овала.

Рисунок цилиндра начинают с проведения аксонометрических осей и построения обоих оснований в виде эллипсов. Проводят параллельно соответствующей аксонометрической оси очерковые образующие, касательные к эллипсам.

Рисунок моделей и деталей машин выполняют с натуры, по чертежу или по воображению. При выполнении рисунка в любом случае надо не только внимательно рассмотреть или представить форму модели или детали, но и сравнить соответствие размеров отдельных элементов изображаемого предмета.

Выполняя рисунок детали с натуры (например, кронштейн, рисунок 272, слева), надо не только внимательно рассмотреть форму, но и установить соотношение размеров отдельных элементов детали. Напри-

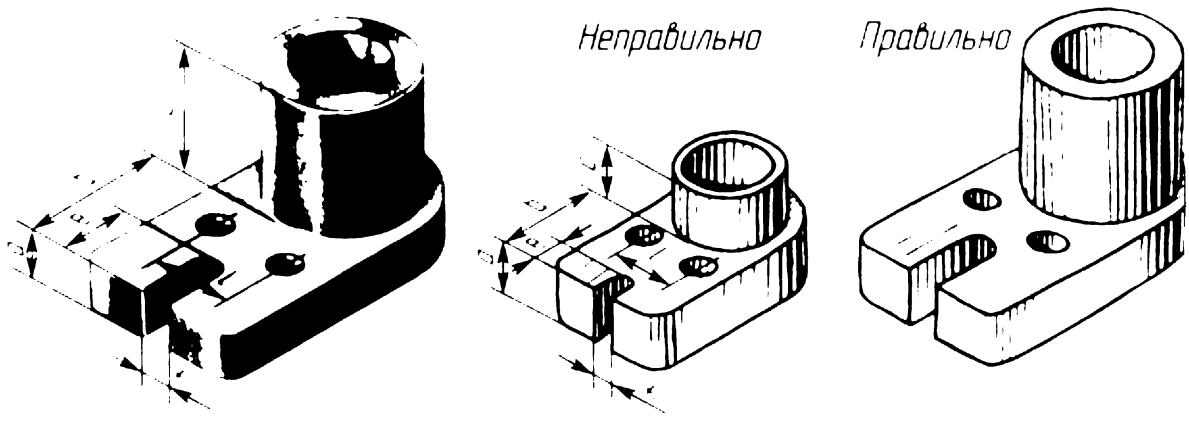


Рисунок 272

мер, изображенный на рисунке 272, в центре кронштейн выполнен без соблюдения пропорций детали. На рисунке 272, справа дан рисунок этой детали с учетом пропорций ее частей.

Выполнение рисунка модели или детали начинается с построения их габаритных очертаний — «клеток», выполняемых от руки тонкими линиями.

Затем модель и деталь мысленно расчленяют на отдельные геометрические элементы, постепенно вырисовывая все элементы.

Технические рисунки предмета получаются более наглядными, если их покрыть штрихами (рисунок 273). При нанесении штрихов считают, что лучи света падают на предмет справа и сверху или слева и сверху.

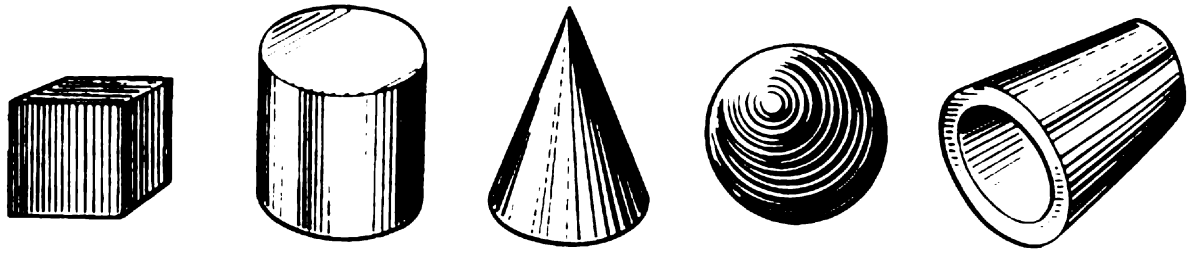


Рисунок 273

Освещенные поверхности штрихуют тонкими линиями на большом расстоянии друг от друга, а теневые — более толстыми линиями, располагая их чаще. Боковые поверхности пирамиды и конуса штрихуют линиями, проходящими через их вершины.

На изображения сферических поверхностей и поверхностей вращения наносят штрихи (части концентрических окружностей) разной толщины и с разными промежутками между штрихами.

Эскизом называется наглядное изображение, выполненное от руки, без применения чертежных инструментов, без точного соблюдения масштаба, но с обязательным соблюдением пропорций элементов деталей. Эскиз является временным чертежом и предназначен для разового использования.

Эскиз должен быть оформлен аккуратно с соблюдением проекционных связей и всех правил и условностей, установленных стандартами ЕСКД.

Эскиз может служить документом для изготовления детали или для выполнения ее рабочего чертежа. В связи с этим эскиз детали должен содержать все сведения о ее форме, размерах, шероховатости поверхностей, материале. На эскизе помещают и другие сведения, оформляемые в виде графического или текстового материала (технические требования и т. п.).

Выполнение эскизов (эскизирование) производится на листах любой бумаги стандартного формата.

Процесс эскизирования можно условно разбить на отдельные этапы, которые тесно связаны друг с другом. Пример выполнения эскиза приведен на рисунке 274.

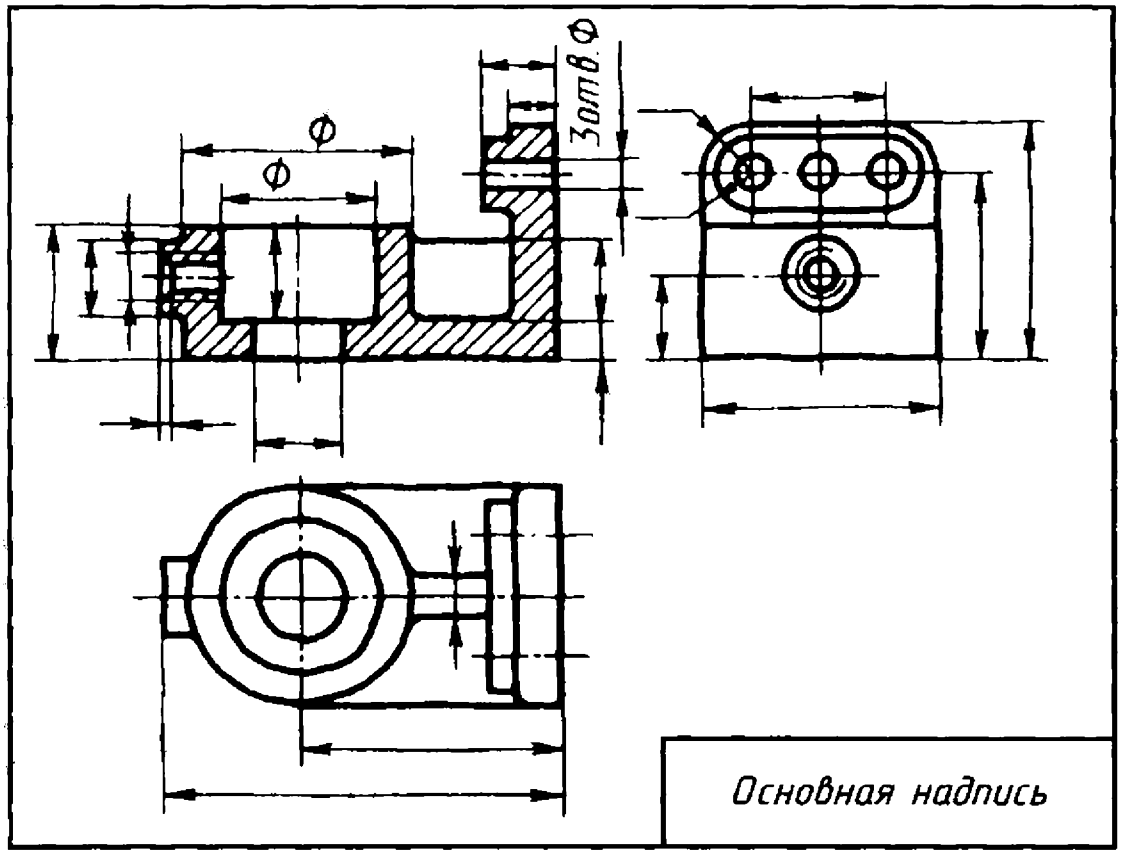


Рисунок 274

1 Ознакомление с деталью

При ознакомлении определяется форма детали и ее основных элементов, на которые мысленно можно расчленить деталь и составляется общее представление о материале, обработке и шероховатости отдельных поверхностей, о технологии изготовления детали, о ее покрытиях и т. п.

2 Выбор главного вида и других необходимых изображений

Главный вид следует выбирать так, чтобы он давал наиболее полное представление о форме и размерах детали, а также облегчал пользование эскизом при ее изготовлении.

Изображения деталей тел вращения на чертежах располагают так, чтобы на главном виде ось детали была параллельна основной надписи. Такое расположение главного вида облегчит пользование чертежом при изготовлении по нему детали.

По возможности следует ограничить количество линий невидимого контура, которые снижают наглядность изображений. Поэтому следует уделять особое внимание применению разрезов и сечений.

Необходимые изображения следует выбирать и выполнять в соответствии с правилами и рекомендациями ГОСТ 2.305—68.

3 Выбор формата листа

Формат листа выбирается по ГОСТ 2.301—68 в зависимости от того, какую величину должны иметь изображения, выбранные при выполнении этапа 2. Величина и масштаб изображений должны позволять четко отразить все элементы и нанести необходимые размеры и условные обозначения.

4 Подготовка листа

Вначале следует ограничить выбранный лист внешней рамкой и внутри нее провести рамку чертежа заданного формата. Затем наносится контур рамки основной надписи.

5 Компоновка изображений на листе

Выбрав глазомерный масштаб изображений, устанавливают на глаз соотношение габаритных размеров детали. После этого на эскизе наносят тонкими линиями прямоугольники с габаритными размерами детали. Прямоугольники располагают так, чтобы расстояния между ними и краями рамки были достаточными для нанесения размерных линий и условных знаков, а также для размещения технических требований.

6 Нанесение изображений элементов детали

Внутри полученных прямоугольников наносят тонкими линиями изображения элементов детали. При этом необходимо соблюдать пропорции их размеров и обеспечивать проекционную связь всех изображений, проводя соответствующие осевые и центровые линии.

7 Оформление видов, разрезов и сечений

Далее на всех видах уточняют подробности, не учтенные при выполнении этапа 6 (например, округления, фаски), и удаляют вспомогательные линии построения. В соответствии с ГОСТ 2.305—68 оформляют разрезы и сечения, затем наносят графическое обозначение материала (штриховка сечений) по ГОСТ 2.306—68 и производят обводку изображений соответствующими линиями по ГОСТ 2.303—68.

8 Нанесение размерных линий и условных знаков

Размерные линии и условные знаки, определяющие характер поверхности (диаметр, радиус, квадрат, конусность, уклон, тип резьбы и т. п.), наносят по ГОСТ 2.307—68. Одновременно намечают шероховатость отдельных поверхностей детали и наносят условные знаки, определяющие шероховатость.

9 Нанесение размерных чисел

При помощи измерительных инструментов определяют размеры элементов и наносят размерные числа на эскизе. Если у детали имеется резьба, то необходимо определить ее параметры и указать на эскизе соответствующее обозначение резьбы.

10 Окончательное оформление эскиза

При окончательном оформлении заполняется основная надпись. В случае необходимости приводятся сведения о предельных отклонениях размеров, формы и расположения поверхностей; составляются технические требования и выполняются пояснительные надписи. Затем производится окончательная проверка выполненного эскиза и вносятся необходимые уточнения и исправления.

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается технический рисунок от аксонометрических проекций?
2. Какой должна быть последовательность выполнения технического рисунка?
3. Какими правилами пользуются при выполнении технического рисунка?
4. Какая разница между эскизом и техническим рисунком?
5. Какие чертежи называют эскизами?

3.12 Винтовые поверхности и изделия с резьбой

В машиностроении широко применяются изделия с винтовыми поверхностями. Такие изделия можно разделить на несколько групп.

1 При сборке машин, станков, приборов и аппаратов отдельные их детали в большинстве случаев соединяют друг с другом резьбовыми крепежными изделиями: болтами, винтами, шпильками. Помимо этих соединений находят широкое применение резьбовые соединения, в которых резьба выполнена непосредственно на деталях, входящих в соединение. Это соединение получается навинчиванием одной детали на другую.

2 Детали с винтовыми поверхностями, применяемые для преобразования вращательного движения в поступательное, например, ходовые и грузовые подъемные винты, а также детали для передачи вращения, например, червяк в паре с червячным колесом.

3 Изделия специального назначения. К таким изделиям относятся некоторые металлорежущие инструменты, например, фрезы, сверла, метчики.

В основе образования резьбы лежит винтовое движение некоторой плоской фигуры, задающей так называемый ***профиль резьбы***, расположенной в одной плоскости с осью поверхности вращения, слагающееся из равномерных поступательного и вращательного движений относительно прямой, называемой осью винтового движения.

Если движение совершает точка, то производимую ею пространственную кривую называют ***винтовой линией.***

Цилиндрическая винтовая линия (рисунки 218, 219 и 220) образуется равномерным движением точки вдоль прямой (образующей цилиндра вращения), равномерно вращающейся (без скольжения) вокруг данной прямой, ей параллельной (оси цилиндра).

Винтовые поверхности образуются при винтовом движении произвольной линии. Наибольшее применение в технике имеют линейчатые винтовые поверхности, образованные движением отрезка прямой (рисунок 225).

В зависимости от формы профиля резьбу называют ***треугольной***, ***квадратной***, ***трапецеидальной***, ***круглой***.

Различают правую и левую резьбы в зависимости от того, какая винтовая линия лежит в основе резьбы, правая или левая.

Если ось резьбы расположить вертикально перед наблюдателем, то у правой резьбы видимая часть витков поднимается слева направо, у левой резьбы — справа налево.

Резьбу, образованную движением одного профиля, называют ***однозаходной***; образованную движением двух, трех и более одинаковых профилей, — ***многозаходной*** (*двух-*, *трехзаходной* и т. д.). В связи с этим введено понятие ***шаг резьбы***, обозначаемый прописной латинской буквой P — расстояние по линии, параллельной оси резьбы между одноименными точками профиля резьбы. Очевидно, ***ход резьбы*** $P_h = nP$, где n — число заходов. У однозаходных резьб ход равен шагу.

3.13 Резьба, резьбовые изделия

В машиностроении широко применяются детали, имеющие различные резьбы, каждая их которых наиболее полно отвечает назначению и условиям функционирования резьбового соединения. Резьбы, применяемые для неподвижных соединений, называются ***крепежными***. Резьбы, применяемые в подвижных соединениях для передачи заданного перемещения одной детали относительно другой, называются ***кинематическими*** (*ходовыми*). Резьба, образованная на цилиндрической поверхности, называется ***цилиндрической*** *резьбой*, на конической поверхности — ***конической резьбой***. При резьбовом соединении двух деталей одна из них имеет ***наружную резьбу***, выполненную на наружной поверхности, а другая — ***внутреннюю***, выполненную в отверстии (рисунок 275). Под размером резьбы понимается значение ее наружного (наибольшего) диаметра, который называется ***номинальным диаметром*** резьбы, например, размеры d и D на рисунках 275 и 276.

В машиностроении применяются стандартные цилиндрические и конические резьбы разных типов, отличающихся друг от друга назначением и параметрами: метрическая, трубная цилиндрическая, трубная

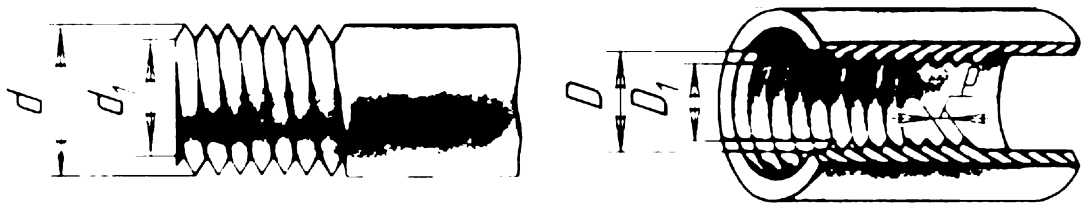


Рисунок 275

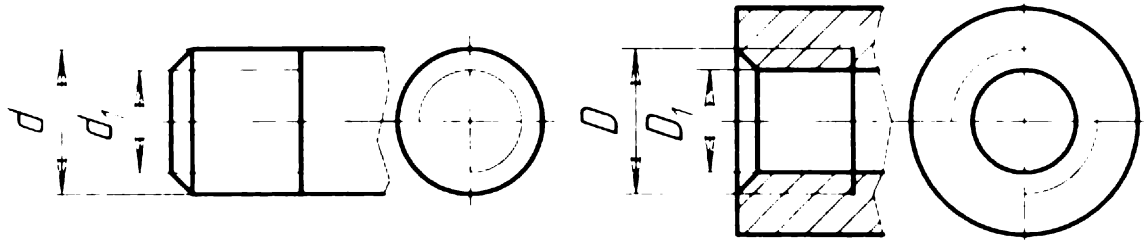


Рисунок 276

коническая, трапецеидальная, упорная и др. Стандарты, устанавливающие характеры той или иной резьбы, предусматривают также ее условное изображение (рисунок 276) и обозначение на чертежах.

Обозначение резьбы обычно включает в себя буквенное обозначение, определяющее тип резьбы, а также размер резьбы. Основным элементом резьбы является ее профиль установленный соответствующим стандартом. Термины и определения резьбы и ее элементов устанавливает ГОСТ 11708—82.

Вычерчивание винтовой поверхности является весьма трудоемким процессом. Поэтому на чертежах резьба изображается условно.

По ГОСТ 2.311—68 все типы стандартных резьб изображаются на чертежах одинаково — упрощенно, независимо от их действительного вида.

Резьбу на стержне (наружную) изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу сплошной тонкой линией, приблизительно равную 3/4 окружности, разомкнутую в любом месте (рисунок 277).

Внутренняя резьба в отверстии на продольном разрезе изображается сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и

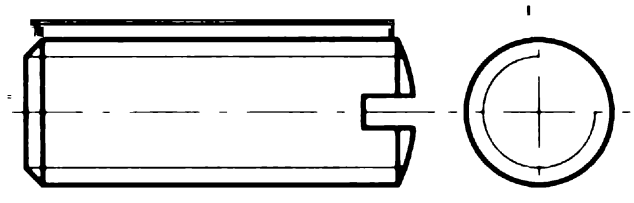


Рисунок 277

сплошными тонкими линиями — по наружному диаметру. На резьбах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную 3/4 окружности, разомкнутую в любом месте (рисунок 278).

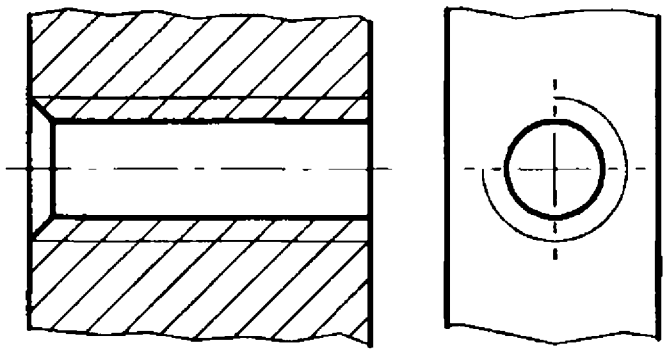


Рисунок 278

Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями по наружному и внутреннему диаметру (рисунок 279).

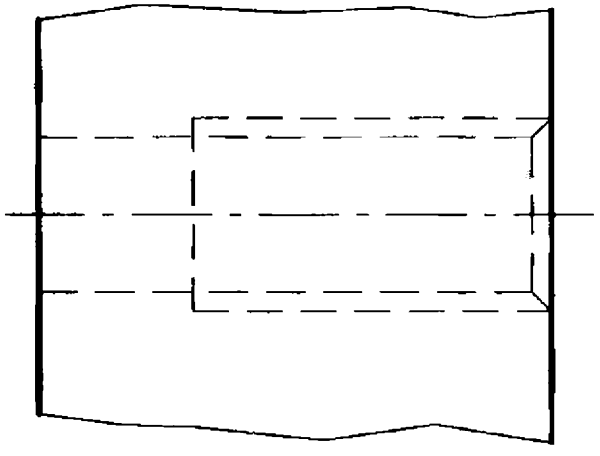


Рисунок 279

Линию, определяющую границу резьбы, наносят на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбега).

Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной линией (рисунки 280, 281) или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая (рисунок 282).

Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержнях и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т. е. в обоих случаях до сплошной основной линии (рисунки 278, 281 и 282).

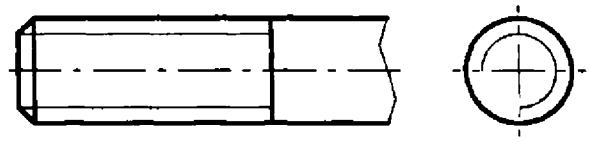


Рисунок 280

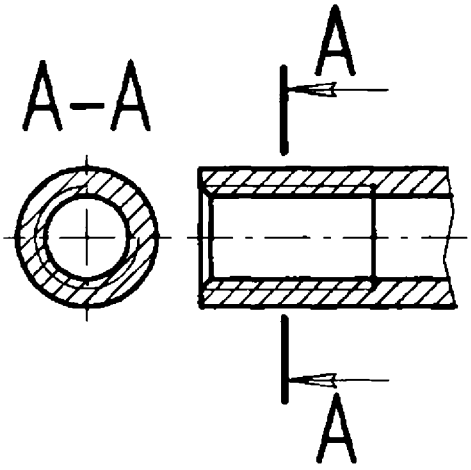


Рисунок 281

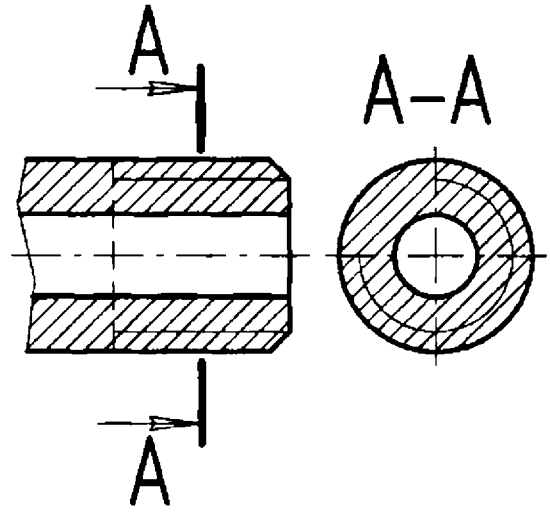


Рисунок 282

Размер длины резьбы с полным профилем (без сбега) на стержне и в отверстии указывают, как показано на рисунке 283.

Размер длины резьбы (со сбегом) указывают, как показано на рисунке 284. Сбег резьбы изображают сплошной тонкой прямой линией.

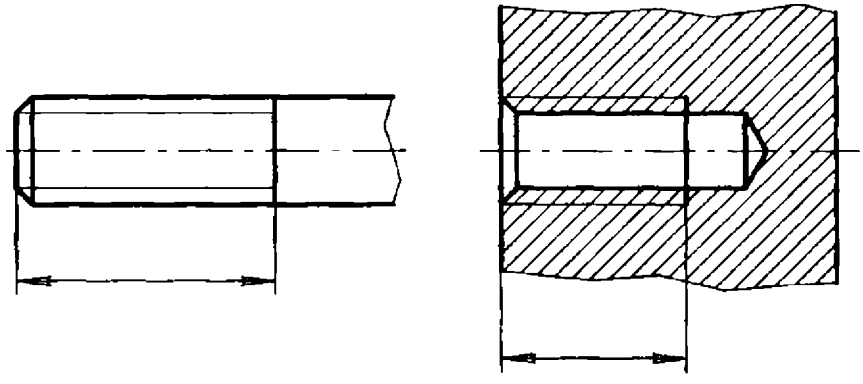


Рисунок 283

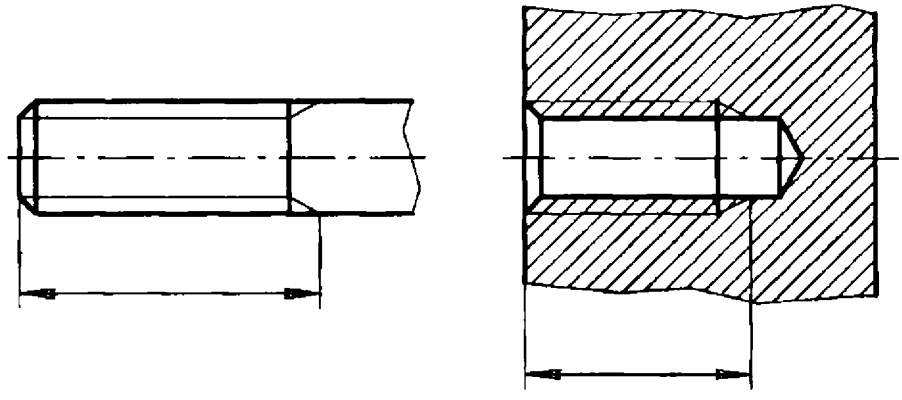


Рисунок 284

На чертежах, по которым резьбу не выполняют, конец глухого резьбового отверстия допускается изображать, как показано на рисунке 285, даже при наличии разности между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы.

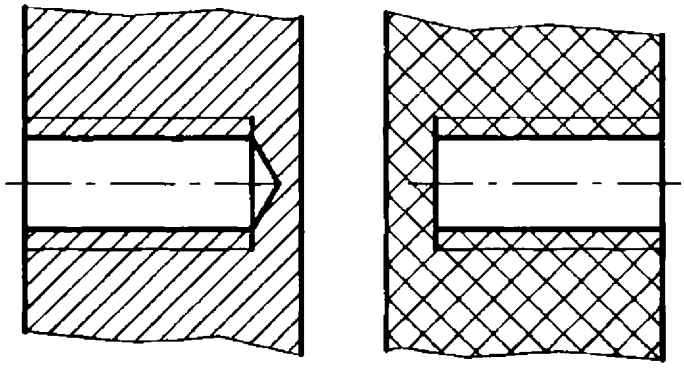


Рисунок 285

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают (рисунки 276—278, 280). Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (рисунки 277 и 280).

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной к его оси, в отверстии показывают только часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рисунок 286).

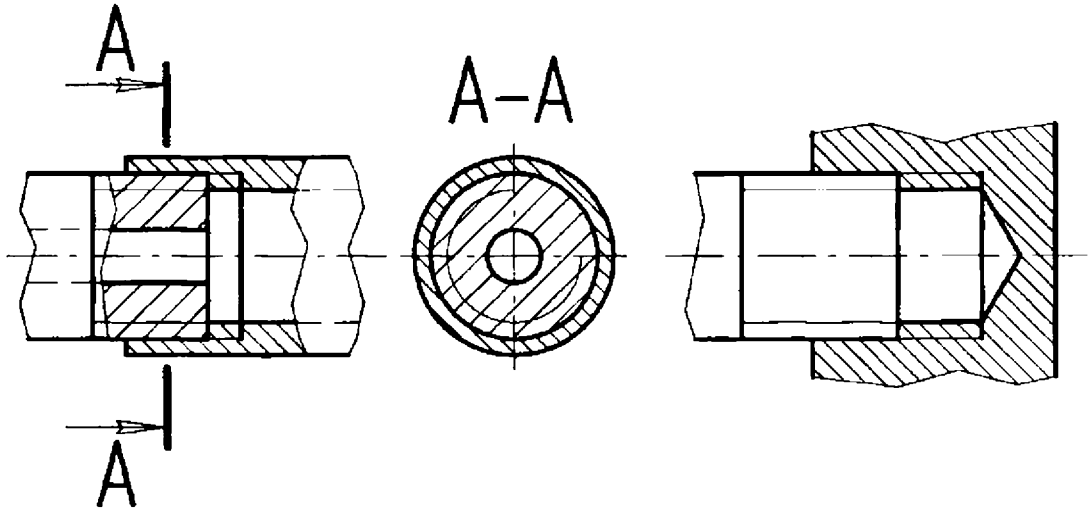


Рисунок 286

Обозначения резьб указывают по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьб и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру, как показано на рисунках 287 и 288.

Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на рисунке 289.

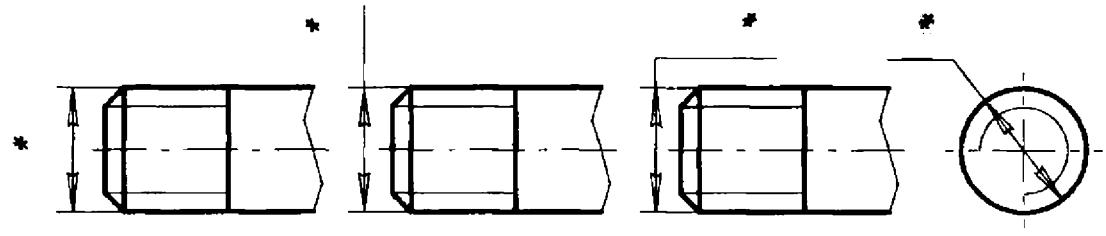
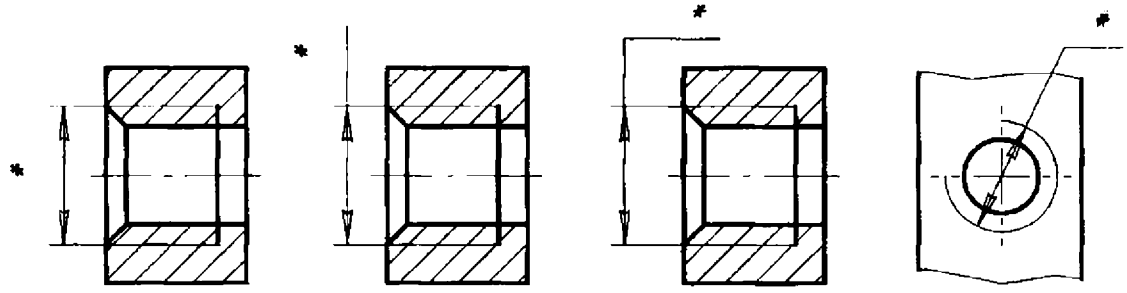
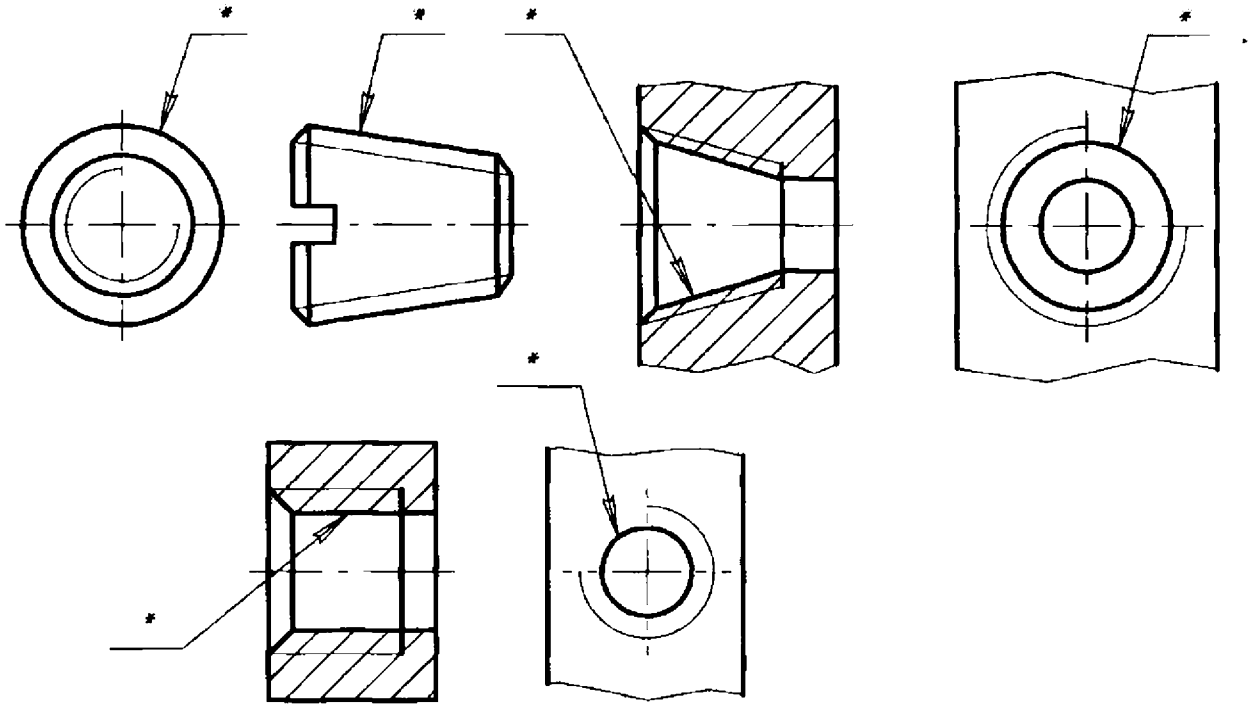


Рисунок 287



Знаком "" отмечены места нанесения обозначения резьбы*

Рисунок 288



Знаком "" отмечены места нанесения обозначения резьбы*

Рисунок 289

Резьбу изготовляют режущим инструментом с удалением слоя материала, накаткой (путем выдавливания винтовых выступов), литьем, прессованием, штамповкой из различных материалов (металл, пластмасса, стекло).

В силу устройства резьбонарезающего инструмента и оборудования, технологических особенностей процесса изготовления и эксплуатации изделий с резьбой в конструкции деталей с резьбой появляются некоторые особенности: фаски, проточки, сбег резьбы (неполный профиль резьбы) и недорез резьбы.

На рисунке 290 показаны такие технологические особенности при нарезании резьбы метчиками, плашками, фрезами и резцами: x — сбег резьбы, a — недорез резьбы, z — фаска, f — проточка.

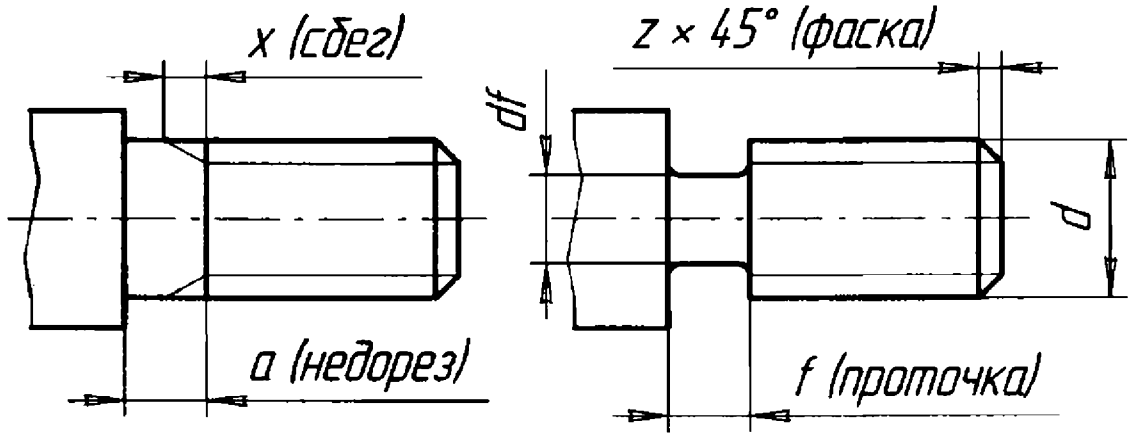


Рисунок 290

Форму и размеры наружных и внутренних проточек, а также размеры сбегов, недорезов и фасок в зависимости от шага резьбы устанавливает ГОСТ 10549—80 (таблица 14).

Таблица 14 **В миллиметрах**

Шаг	x	a	f	df	z
0,20	0,2	0,5	—	—	0,2
0,25	0,2	0,6	—	—	0,2
0,30	0,2	0,7	—	—	0,2
0,35	0,3	0,8	—	d—0,6	0,3
0,40	0,3	1,0	1,0	d—0,7	0,3
0,45	0,3	1,0	1,0	d—0,8	0,3
0,50	0,4	1,6	1,6	d—0,8	0,5
0,60	0,4	1,6	1,6	d—0,9	0,5
0,70	0,5	2,0	2,0	d—1,0	0,5
0,75	0,5	2,0	2,0	d—1,2	1,0
0,80	0,6	3,0	3,0	d—1,2	1,0
1,00	0,7	3,0	3,0	d—1,5	1,0
1,25	0,9	4,0	4,0	d—1,8	1,0
1,50	1,0	4,0	4,0	d—2,2	1,6

3.14 Метрическая резьба

Метрическая резьба наиболее часто применяется в крепежных деталях (болты, винты, гайки, шпильки).

Номинальный профиль и размеры элементов метрической резьбы устанавливает ГОСТ 9150—81. На рисунке 291 изображен профиль метрической резьбы: d — наружный диаметр наружной резьбы (болта); d_1 — внутренний диаметр болта; d_2 — средний диаметр болта; P — шаг резьбы; D — наружный диаметр внутренней резьбы (гайки); D_1 — внутренний диаметр гайки; D_2 — средний диаметр гайки. При этом: $d = D$; $d_2 = D_2$; $d_1 = D_1$.

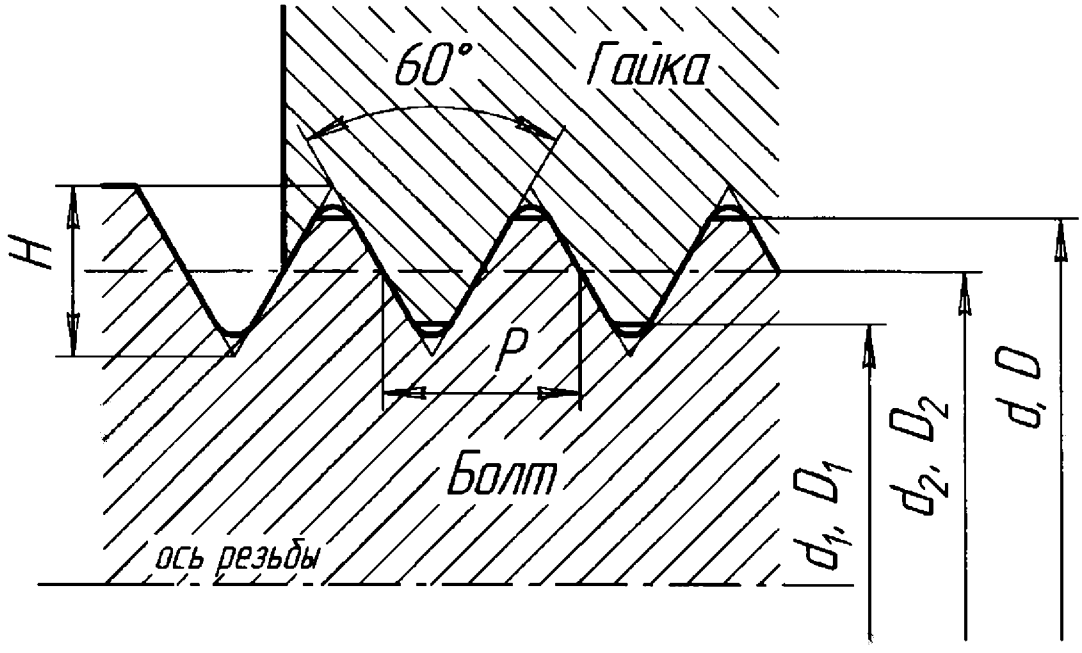


Рисунок 291

Основные размеры метрической резьбы устанавливает ГОСТ 24705—81.

ГОСТ 8724—81 устанавливает диаметры и шаги метрической резьбы (таблица 15). Кроме того стандартизована резьба метрическая для диаметров от 1 до 180 мм на деталях из пластмасс — ГОСТ 11709—81.

В зависимости от назначения детали метрическую резьбу изготавливают с ***крупным*** (единственным для данного диаметра резьбы) и ***мелкими шагами***, которых для данного диаметра резьбы может быть несколько. Преимущественно применяют правые резьбы, к обозначению левых резьб добавляют *LH*.

Вершины выступов и впадин профиля резьбы срезаны по прямой (по внешнему контуру) или дуге окружности (по внутреннему контуру), что облегчает изготовление резьбы, уменьшает концентрацию напряжений и предохраняет резьбу от повреждений при эксплуатации.

Обозначение резьбы включает в себя буквенное обозначение, определяющее тип резьбы, а также размер резьбы.

Таблица 15 — Диаметры и шаги метрической резьбы (мм)

Номинальный диаметр, *d*			Шаги	
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	Крупный	Мелкий
1	—	—	0,25	0,2
1,6	—	—	0,35	0,2
2	—	—	0,4	0,25
2,5	—	—	0,45	0,35
3	—	—	0,5	0,35
—	3,5	—	0,6	0,35
4	—	—	0,7	0,5
—	4,5	—	—	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; 0,75; 0,5
10	—	—	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
—	—	11	—	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
—	—	15	—	1,5
16	—	—	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
—	—	17	—	1,5
—	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; 0,5
—	—	25	—	2; 1,5
—	27	—	3	2; 1,5; 1; 0,75
30	—	—	3,5	2; 1,5; 1; 0,75
—	33	—	3,5	2; 1,5; 1; 0,75
—	—	35	—	1,5
36	—	—	4	3; 2; 1,5; 1
—	39	—	4	3; 2; 1,5; 1

Продолжение таблицы 15

Номинальный диаметр, d			Шаги	
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	Крупный	Мелкий
—	—	40	—	1,5
42	—	—	4,5	3; 2; 1,5; 1
—	45	—	4,5	3; 2; 1,5; 1
48	—	—	5	3; 2; 1,5; 1
—	—	50	—	1,5
—	52	—	5	3; 2; 1,5; 1
—	—	55	—	2; 1,5
56	—	—	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	58	—	2; 1,5
—	60	—	—	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	62	—	2; 1,5
64	—	—	6	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	65	—	2; 1,5
—	68	—	6	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	70	—	2; 1,5
72	—	—	6	4; 3; 2; 1,5; 1

При выборе диаметров резьб следует предпочитать ряд 1 ряду 2 и ряд 2 ряду 3.

Величина шага в обозначение резьбы с крупным шагом не входит, так как каждому наружному диаметру резьбы по ГОСТ 8724—81 (таблица 15) соответствует только одно значение крупного шага.

В обозначении метрической резьбы с мелким шагом должна указываться величина шага, так как мелкий шаг может быть различным при одном и том же наружном диаметре резьбы (таблица 15).

Метрическая резьба с крупным шагом обозначается буквой М и размером наружного диаметра, например, М16, М24.

Метрическая резьба с мелким шагом обозначается буквой М, размером наружного диаметра и шагом резьбы, например, М16 × 0,5; М24 × 0,75.

Многозаходная метрическая резьба должна обозначаться буквой М, номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой P с числовым значением шага, например, трехзаходная резьба номинальным диаметром 24 мм, с шагом 1 мм и ходом 3 мм обозначается — М24 × 3(Р1).

Для обозначения левой резьбы после условного обозначения ставят буквы LH, например, М16LH, М42 × 2LH.

Примеры обозначения метрической резьбы на чертежах показаны на рисунке 292.

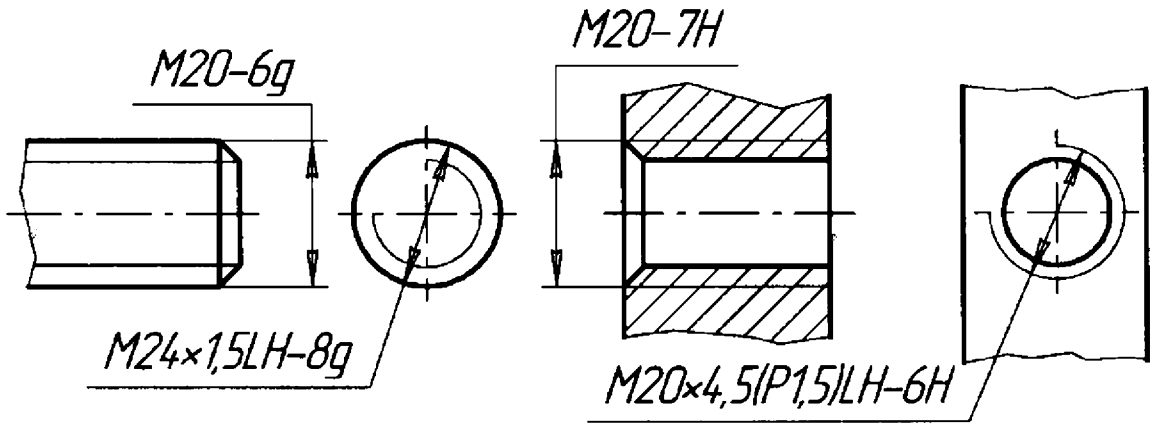


Рисунок 292

На производственных чертежах в обозначение метрической резьбы входит также обозначение поля допуска диаметра резьбы, которое состоит из цифры, обозначающей степень точности, и буквы латинского алфавита (прописной — для внутренней резьбы; строчной — для наружной резьбы), обозначающей основное отклонение. Это обозначение следует за обозначением размера резьбы (рисунок 292).

ГОСТ 16093--81 устанавливает поля допусков наружной и внутренней метрической резьбы, а также степени точности ее изготовления (рисунок 293, таблица 16).

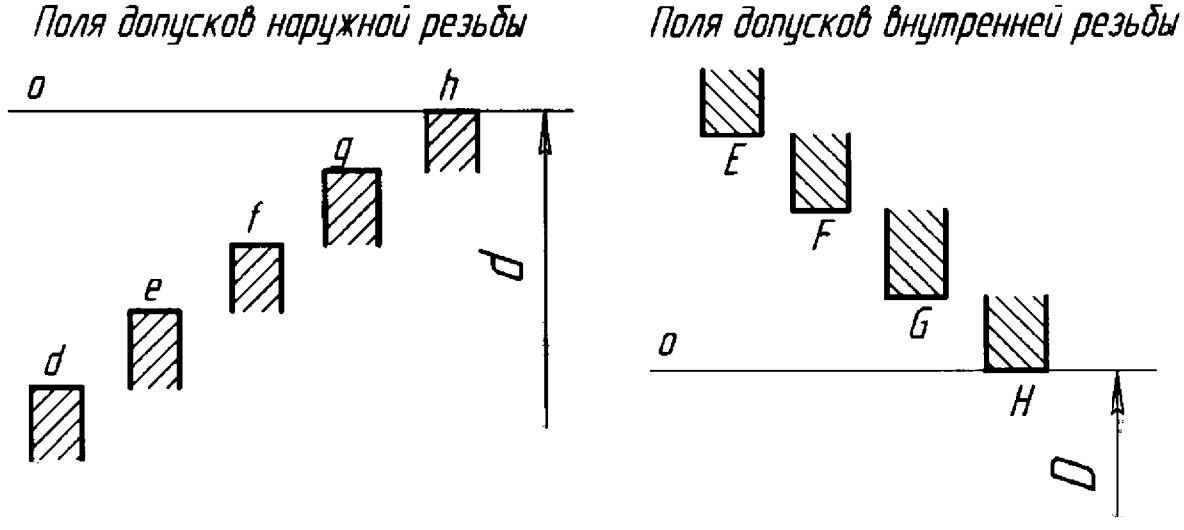


Рисунок 293

Таблица 16 — Степень точности метрической резьбы

Вид резьбы	Обозначение диаметра резьбы	Степень точности
Наружная резьба	*d*	4, 6, 8
Внутренняя резьба	*D*	4, 5, 6, 7, 8, 9

3.15 Трубная цилиндрическая резьба

Трубная цилиндрическая резьба применяется для соединения водогазопроводных труб, где требуется герметичность. Профиль резьбы, ряд номинальных размеров и обозначение трубной цилиндрической резьбы устанавливает ГОСТ 6357—81 (рисунок 294 и таблица 17).

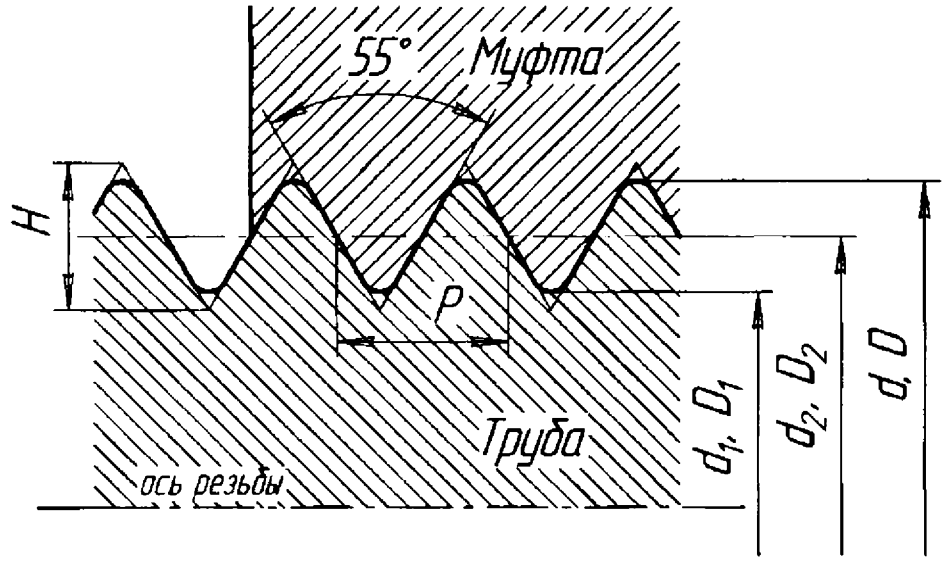


Рисунок 294

Таблица 17

Ряд номинальных размеров трубной цилиндрической резьбы			
1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
1/16	—	1 1/2	1 3/8
1/8	—	2	1 3/4
1/4	—	2 1/2	2 1/4
3/8	—	3	2 3/4
1/2	5/8	3 1/2	3 1/4
3/4	7/8	4	3 3/4
1	1 1/8	5	4 1/2
1 1/4	—	6	5 1/2

При выборе размеров резьб следует предпочитать ряд 1 ряду 2.

Профиль, общий для наружной и внутренней резьб, имеет скругления вершин и впадин, что делает резьбу более герметичной, чем метрическая.

Допуск среднего диаметра резьбы установлен двух классов точности *A* и *B*.

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы входит буква *G*, обозначение размера резьбы и класса точности. Пример условного обозначения трубной цилиндрической резьбы, класса точности *A*, размером 1½: G1½—*A*; левой резьбы класса точности *B*: G1½*LH*—*B*. Обозначение это условное, так как указывает не наружный диаметр резьбы, а размер отверстия в трубе в дюймах. Наружный диаметр трубной резьбы будет больше обозначенного на чертеже. Например, обозначение G1¼—*A* соответствует трубной резьбе, имеющей наружный диаметр $d = 41{,}91$ мм и предназначенной для трубы с внутренним диаметром $1\frac{1}{4}''$ (31,8 мм).

Примеры обозначения трубной цилиндрической резьбы на чертежах показаны на рисунке 295.

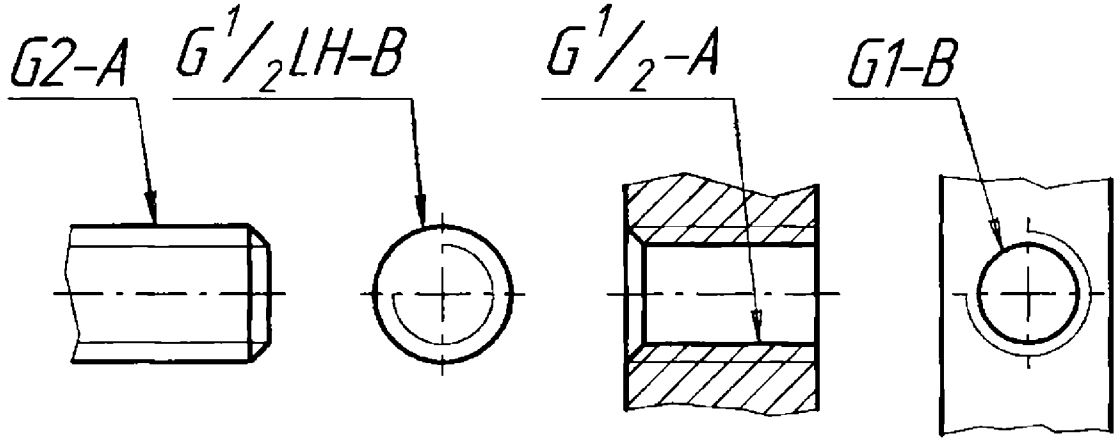


Рисунок 295

3.16 Трубная коническая резьба

Трубная коническая резьба применяется в случаях, когда требуется повышенная герметичность соединения труб при больших давлениях жидкости или газа. ГОСТ 6211—81 распространяется на трубную коническую резьбу с конусностью 1:16, применяемую в конических резьбовых соединениях, а также в соединениях наружной трубной конической резьбы с внутренней трубной цилиндрической резьбой. Профиль конической резьбы — равнобедренный треугольник с углом 55° при вершине, биссектриса которого перпендикулярна к оси конуса (рисунок 296). При конусности 1:16 образующая конуса наклонена к оси под углом 1°47′24″.

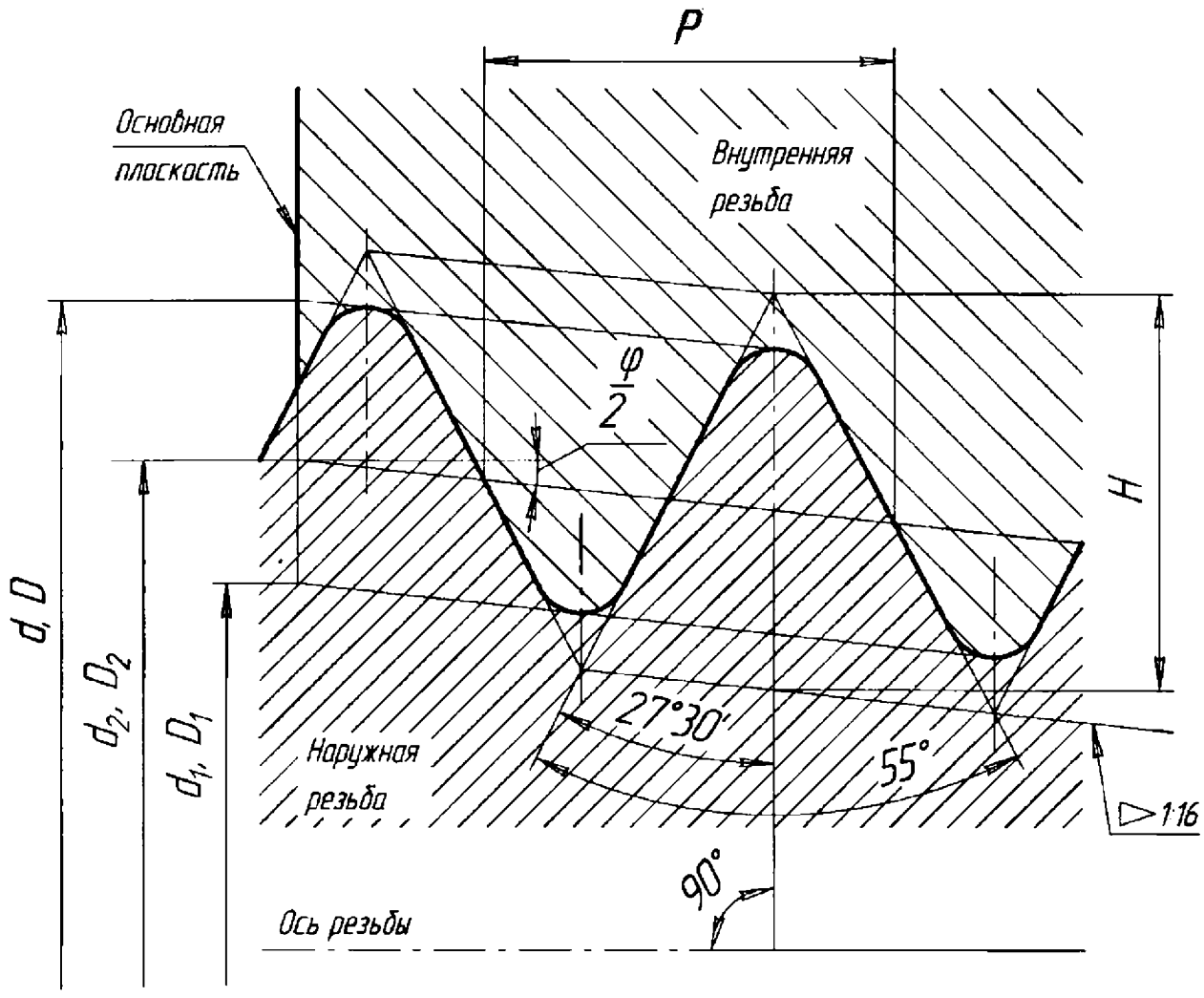


Рисунок 296

Так как у конической резьбы диаметр непрерывно меняется, то ее размер относят к сечению в ***основной плоскости*** (примерно посередине длины наружной резьбы). В этом сечении диаметр трубной конической резьбы равен диаметру трубной цилиндрической резьбы. Положение основной плоскости указывается на рабочем чертеже (берется из стандарта).

Условный размер и параметры трубной конической резьбы в основной плоскости полностью соответствуют параметрам трубной цилиндрической резьбы с тем же условным размером, шагом и числом витков на длине одного дюйма.

В условное обозначение трубной конической резьбы входят: буквы *R* — для конической наружной резьбы, *Rc* — для конической внутренней резьбы и обозначения размера резьбы. Левая резьба дополняется буквами *LH*. Например: наружная трубная коническая резьба 1½: — R1½; левая внутренняя трубная коническая резьба $^{3}/_{4}$: — *Rc* ¾*LH*.

Примеры обозначения трубной конической резьбы на чертежах показаны на рисунке 297. Номинальный размер трубной конической резьбы выбирается из 1-го ряда таблицы 17.

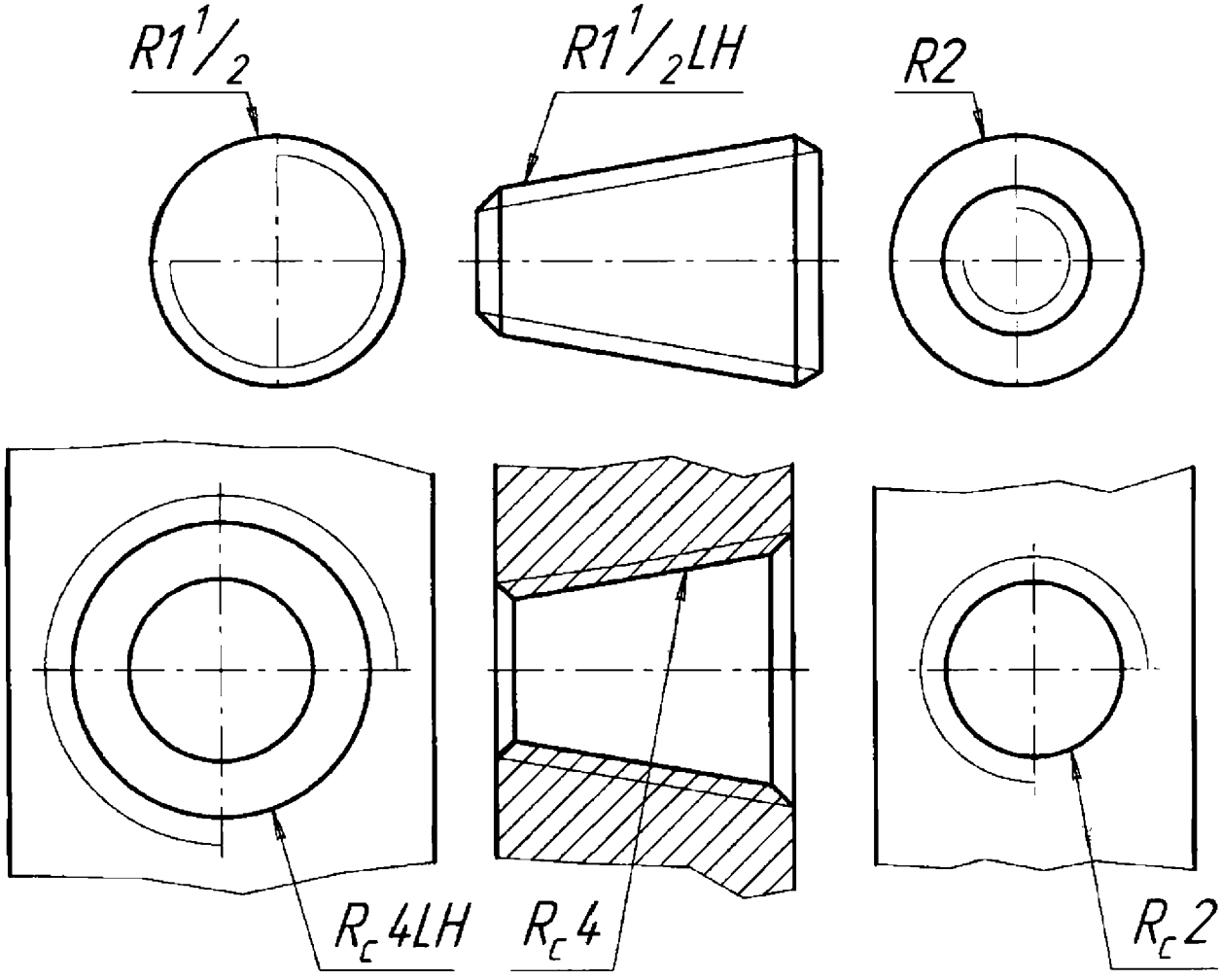


Рисунок 297

3.17 Трапецеидальная резьба

Трапецеидальная резьба относится к кинематическим резьбам и предназначена для передачи движения. ГОСТ 9484—81 устанавливает профиль и размеры ее элементов (рисунок 298). Профиль трапецеидальной резьбы — равнобочная трапеция с углом между ее боковыми сторонами, равным 30°. Эта резьба применяется главным образом в деталях механизмов для преобразования вращательного движения в поступательное при значительных нагрузках. Например, в ходовых винтах станков, винтах суппортов, грузовых винтах прессов.

Основные размеры для однозаходной трапецеидальной резьбы устанавливает ГОСТ 24737—81, а ГОСТ 24738—81 — диаметры и шаги (таблица 18).

Основные размеры для многозаходной трапецеидальной резьбы устанавливает ГОСТ 24739—81.

В условное обозначение трапецеидальной резьбы входят: буквы *Tr*, размер наружного диаметра и шаг резьбы, например, *Tr* 28 × 5. К обозначению левой резьбы добавляют буквы *LH*, например: *Tr* 28 × 5*LH*. В обозначении многозаходной резьбы указывают наружный диаметр,

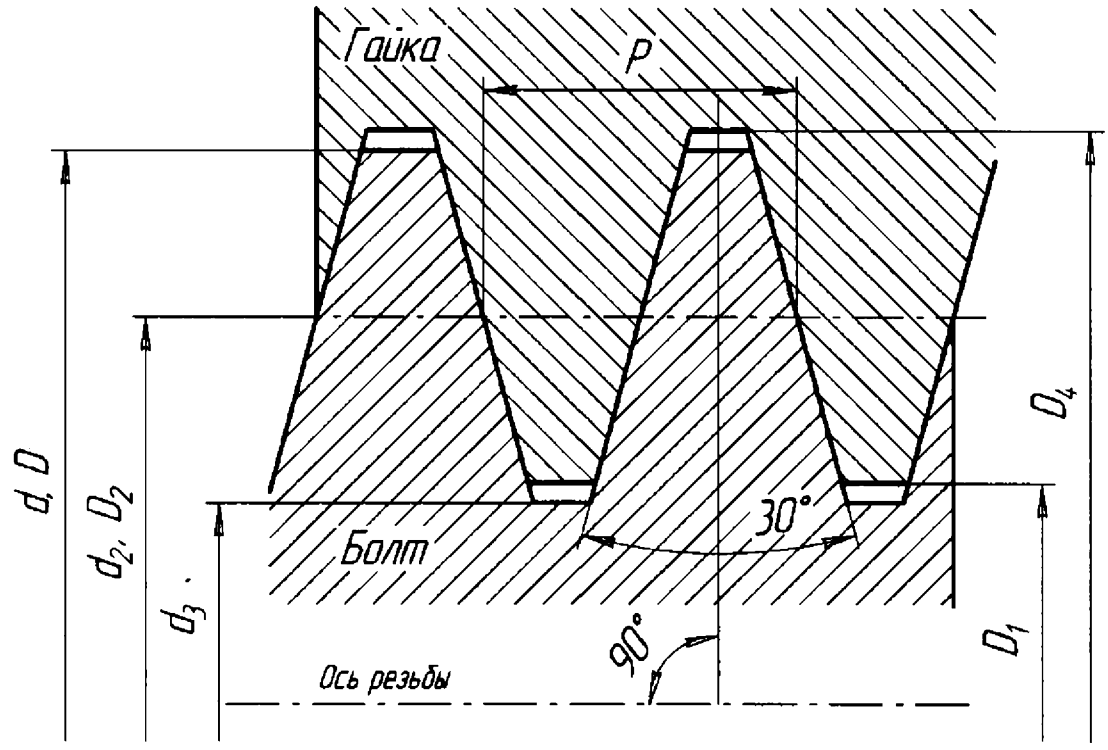


Рисунок 298

Таблица 18 — Диаметры и шаги трапецеидальной резьбы, мм

Диаметр резьбы, *d*	Шаг, *P*	Диаметр резьбы, *d*	Шаг, *P*
8	1,5; **2**	28	2; 3; **5**; 8
9	1,5; **2**	30	3; **6**; 10
10	1,5; **2**	32	3; **6**; 10
11	**2**; **3**	34	3; **6**; 10
12	2; **3**	36	3; **6**; 10
14	2; **3**	38	3; 6; **7**; 10
16	2; **4**	40	3; 6; **7**; 10
18	2; **4**	42	3; 6; **7**; 10
20	**2**; **4**	44	3; 6; **7**; 10
22	2; 3; **5**; 8	46	3; **8**; 12
24	2; 3; **5**; 8	48	3; **8**; 12
26	2; 3; **5**; 8	50	3; **8**; 12

Выделенные шаги являются предпочтительными.

ход резьбы и в скобках буква *P* и числовое значение шага, например *Tr* 20 × 8(*P*4)*LH* — двухзаходная трапецеидальная левая резьба с шагом — 4 мм, ход — 8 мм.

Примеры обозначения трапецеидальной резьбы на чертежах показаны на рисунке 299.

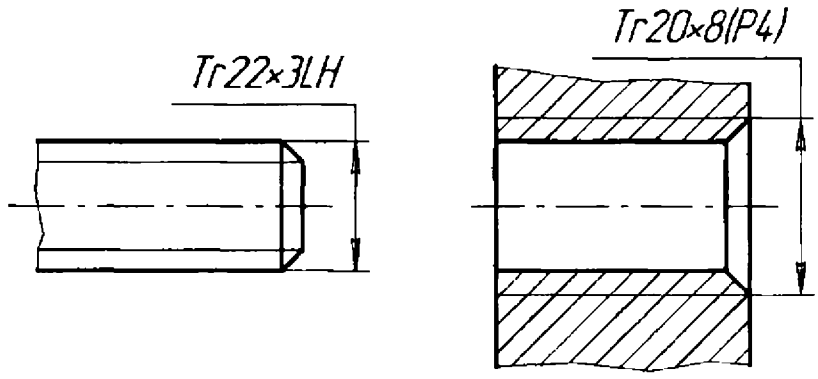


Рисунок 299

3.18 Упорная резьба

Упорная резьба применяется при больших односторонних усилиях, действующих в осевом направлении. ГОСТ 10177—82 устанавливает форму профиля (рисунок 300), и основные размеры для однозаходной упорной резьбы (таблица 19).

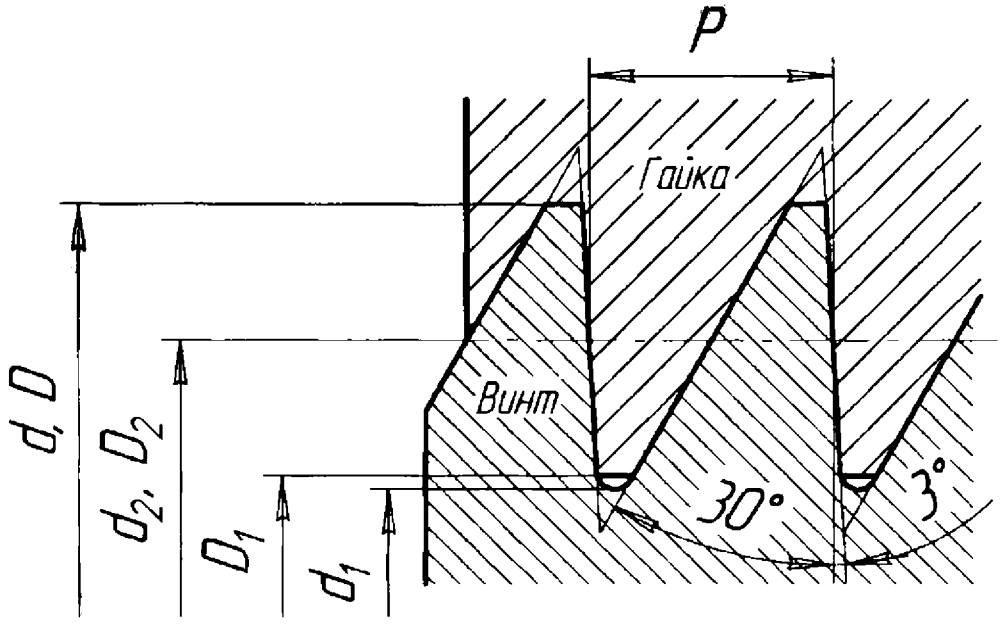


Рисунок 300

Профиль резьбы представляет собой трапецию, одна сторона которой является рабочей стороной профиля, и ее положение определяется углом наклона 3° к прямой, перпендикулярной оси. Другая сторона трапеции (нерабочая сторона профиля) имеет угол наклона 30°. Упорная резьба может выполняться с разными шагами при одном и том же диаметре.

В условное обозначение упорной резьбы должны входить: буква *S*, номинальный диаметр и шаг, например: *S*24 × 5*LH* (буквы *LH* только для левой резьбы).

В условное обозначение многозаходной упорной резьбы должны входить: буква *S*, номинальный диаметр, значение хода и в скобках бу-

Таблица 19 — Диаметры и шаги упорной резьбы, мм

Диаметр резьбы, *d*		Шаги, *P*	Диаметр резьбы, *d*		Шаги, *P*
1-й ряд	2-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	
10	—	**2**	**32**	—	3, **6**, 10
12	—	2, **3**	—	**34**	3, **6**, 10
—	14	2, **3**	36	—	3, **6**, 10
16	—	2, **4**	—	**38**	3, **7**, 10
—	**18**	2, **4**	**40**	—	3, **7**, 10
20	—	2, **4**	—	**42**	3, **7**, 10
—	22	3, **5**, 8	44	—	3, **7**, 10
24	—	3, **5**, 8	—	**46**	3, **8**, 12
—	26	3, **5**, 8	48	—	3, **8**, 12
28	—	3, **5**, 8	—	**50**	3, **8**, 12
—	30	3, **6**, 10	52	—	3, **8**, 12

1 Выделенные шаги являются предпочтительными.
2 При выборе размеров резьб следует предпочитать ряд 1 ряду 2.

ква *P* и значение шага, например, для двухзаходной упорной резьбы с шагом 5 мм, номинальным диаметром 28 мм: *S*28 × 10(*P*5).

Примеры обозначений упорной резьбы на чертежах показаны на рисунке 301.

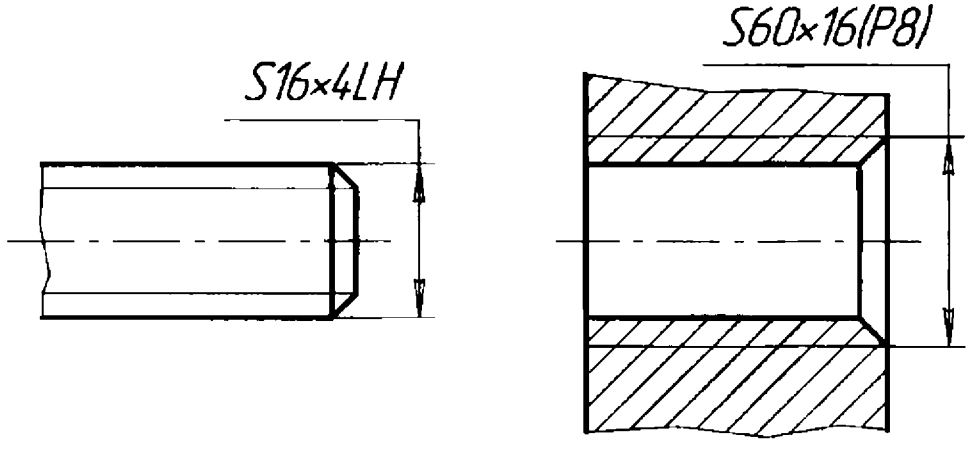


Рисунок 301

3.19 Прямоугольная резьба

Прямоугольная резьба с нестандартным профилем изображается, как показано на рисунке 302, с нанесением всех размеров и предельных отклонений, необходимых для изготовления резьбы (форма и размеры профиля, наружный и внутренний диаметры, шаг). Дополнительные

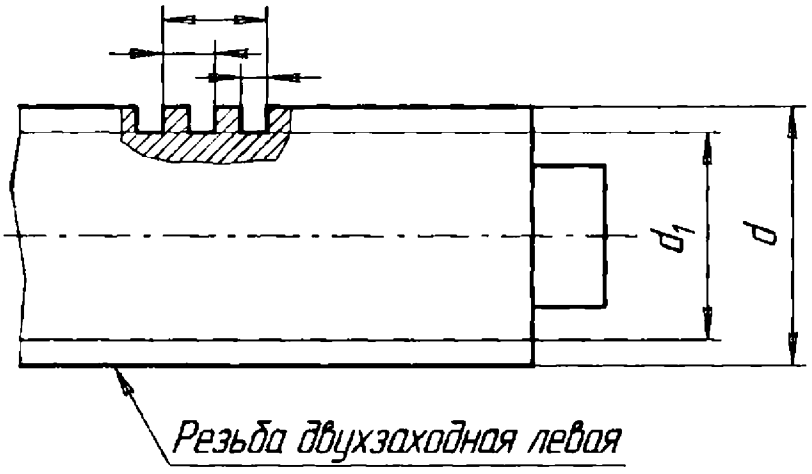


Рисунок 302

сведения — число заходов, направление резьбы и т. п. — наносят на полке линии-выноски в виде надписи с добавлением слова *«Резьба»*.

Вопросы для самопроверки

1. В чем разница между шагом и ходом многозаходного винта?
2. Назовите виды стандартных резьб.
3. В чем разница в обозначениях метрических резьб с крупным и мелким шагом?
4. Охарактеризуйте метрическую резьбу.
5. Какой профиль имеют ходовые резьбы?
6. В чем заключается основная условность изображения резьбы на чертеже?
7. Чем отличается условное изображение резьбы на стержне от условного изображения резьбы в отверстии?
8. Какая дополнительная условность допускается при изображении резьбы в глухих резьбовых отверстиях?
9. Какие данные включают в условные обозначения резьб?
10. Для каких резьб при нанесении условных обозначений применяют одну стрелку?
11. Как обозначают левые резьбы?
12. Что такое многозаходная резьба?

3.20 Стандартные резьбовые крепежные детали и их условные обозначения

Для соединения деталей применяются стандартные крепежные резьбовые детали: болты, винты, шпильки, гайки. Они очень разнообразны по форме, точности изготовления, материалу, антикоррозионному покрытию и другим особенностям. Их подразделяют на детали общего назначения и специальные, предназначенные для применения в

определенных видах изделий или в особых условиях. Здесь рассмотрены крепежные детали общего назначения.

Все крепежные резьбовые изделия выполняются с метрической резьбой и изготовляются по соответствующим стандартам, устанавливающим требования к материалу, покрытию и прочим условиям изготовления этих деталей. Резьбовые крепежные детали, как правило, имеют метрическую резьбу с крупным шагом, реже с мелким.

Каждая крепежная деталь имеет условное обозначение, в котором отражаются: форма, основные размеры, материал и покрытие.

Болты, винты, гайки и шпильки изготовляют из углеродистых, легированных, коррозионностойких и других сталей и из цветных сплавов.

В зависимости от необходимых механических свойств материала, из которого изготовлена крепежная деталь, она характеризуется определенным классом прочности или относится к определенной группе, которые устанавливают ГОСТ 1759.4—87, ГОСТ 1759.5—87.

Каждый класс прочности и каждая группа определяют требования к механической прочности резьбовой детали и предусматривают марки материалов, из которых могут изготавливаться эти детали.

Класс прочности болтов, винтов и шпилек обозначается числом из двух цифр, каждое из которых отражает различные параметры, характеризующие прочность материала детали.

Класс прочности гаек обозначается числом из одной цифры, которое отражает состояние материала детали при воздействии на нее испытательной нагрузки.

Условное обозначение любой стандартной крепежной детали должно отражать:

- форму и основные размеры детали и ее элементов, определяемые соответствующим размерным стандартом;
- класс прочности или группу детали, характеризующие механические свойства материала детали;
- условное обозначение покрытия, предохраняющего деталь от коррозии.

Для предохранения крепежных деталей от коррозии применяются соответствующие стандартные защитные покрытия.

В зависимости от условий эксплуатации — легких, средних или жестких — крепежные детали выпускают с тем или иным покрытием.

Виды антикоррозионных покрытий стандартных резьбовых крепежных деталей (болтов, винтов, гаек, шпилек), а также шайб, цифровой код покрытий, используемый в условных обозначениях этих деталей, устанавливает ГОСТ 1759.0—87 (таблица 20).

Условные обозначения групп материалов и классов прочности материалов для болтов, винтов, гаек, шпилек и шайб, относящиеся к этим группам и классам прочности марки материалов приведены в таблицах 21—24.

Таблица 20 — Виды, обозначение и наименование антикоррозионных покрытий стандартных резьбовых крепежных деталей (болтов, винтов, гаек, шпилек и шайб)

Вид покрытия	Обозначение покрытия	Наименование покрытия
01	Ц.хр	Цинковое с хроматированием
02	Кд.хр	Кадмиевое с хроматированием
03	М.Н.	Многослойное: медь—никель
04	М.Н.Х.б	Многослойное: медь—никель—хром
05	Хим.Окс.прм	Химическое оксидирование с промасливанием
06	Хим.фос.прм	Химическое фосфатирование с промасливанием
07	О.	Оловянное
08	М.	Медное
09	Ц.	Цинковое
10	Ан.Окс.хр	Анодное оксидирование с хроматированием
11	Хим.пас	Химическое пассивирование
12	Ср.	Серебряное
13	Н.	Никелевое

Таблица 21 — Условные обозначения групп марок материалов для болтов, винтов, гаек и шпилек

Условное обозначение группы материала болтов, винтов, шпилек и гаек	Марка материала
00	Ст2
01	08, 08кп, 10, 10кп
02	Ст3, Ст3кп
03	15
04	20
05	35
06	45
21	12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т
22	12Х13
23	20Х13, 14Х17Н2
24	10Х11Н23Т3МР
25	10Х11Н2В2МФ
26	07Х16Н6
31	АМг5П, АМг5

Продолжение таблицы 21

Условное обозначение группы материала болтов, винтов, шпилек и гаек	Марка материала
32	Л63, ЛС59-1
33	Л63, ЛС59-1 (антимагнитная)
34	Бр.АМц9-2
35	Д1, Д16

Таблица 22 — Условные обозначения классов прочности марок материалов для болтов, винтов и шпилек

Класс прочности материала болтов, винтов и шпилек	Марка материала
3.6	10
4.6	10кп
4.8	20
5.6	30, 35
5.8	10, 10кп, 20, 20кп
6.6	35, 45, 40Г
6.8	20, 20кп
8.8	30, 35Х, 45Г
9.8	40Х. 40Г2
10.9	30ХГСА, 16ХСН
12.9	20Г2Р

Таблица 23 — Условные обозначения классов прочности марок материалов для гаек

Класс прочности гаек	Диаметр резьбы	Сопрягаемый класс прочности болтов
4	>М16	3.6, 4.6, 4.8
5	<М16	3.6, 4.6, 4.8
5	<М48	5.6, 5.8
6	<М48	6.6, 6.8
8	<М48	8.8
9	>М16 <М48	8.8
9	<М16	9.8
10	<М48	10.9
12	<М48	12.9

Таблица 24 — Условные обозначения групп марок материалов для шайб

Условное обозначение группы материала шайб	Марка материала
00	Ст2
01	08, 08кп, 10, 10кп
02	Ст3, Ст3кп
03	15
04	**20**
05	35
06	45
10	09Г2
11	40Х, 30ХГСА
21	12Х18Н10Т
22	20Х13
32	Л63, ЛС59-1
34	БрАМц9
38	М3
31	АМг5
35	Д1
37	АД1

Первое число в обозначении класса прочности болтов, винтов и шпилек, умноженное на 100(10), определяет минимальное временное сопротивление в МПа (кгс/мм^2), второе, умноженное на 100(10), определяет отношение предела текучести к временному сопротивлению в процентах; произведение чисел определяет предел текучести в МПа (кгс/мм^2). Чем больше число, тем прочнее сталь. Число в обозначении класса прочности гаек, умноженное на 100(10), определяет напряжение от испытательной нагрузки в МПа (кгс/мм^2).

Таким образом, число стандартов, определяющих форму, размеры, материал, покрытие и другие характеристики крепежных деталей, очень велико, причем каждый из них содержит соответствующие условные обозначения, ссылки на которые, помещаемые в конструкторской документации, должны быть точными.

Болт состоит из головки и стержня с резьбой (рисунок 303).

В большинстве конструкций болтов на его головке имеется фаска, сглаживающая острые края головки и облегчающая наложение гаечного ключа при свинчивании.

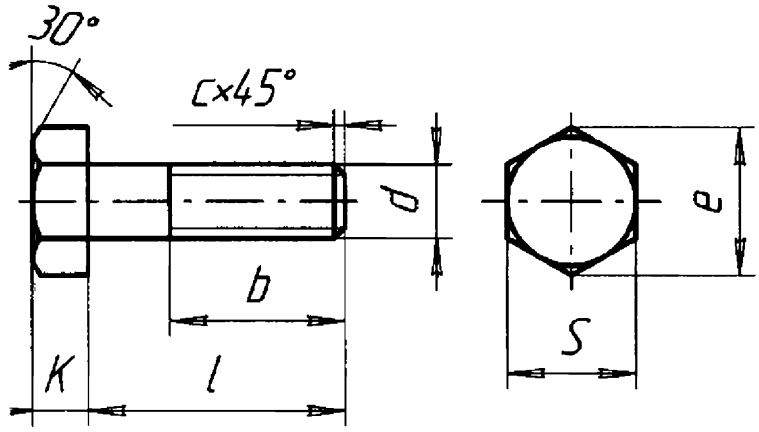


Рисунок 303

Болты с шестигранной головкой выпускаются в трех исполнениях (на рисунке 303 показан болт в исполнении *1*).

Исполнение *1* — без отверстий в головке и стержне;

Исполнение *2* — с отверстием для шплинта на нарезанной части стержня болта;

Исполнение *3* — с двумя отверстиями в головке болта (в них заводится проволока для соединения группы нескольких однородных болтов).

Болты исполнения *2* и *3* употребляются для соединения деталей машин, испытывающих вибрации, толчки и удары, ведущие к самоотвинчиванию гаек и болтов. Шплинт или проволока будут этому препятствовать.

Болты с шестигранной головкой выпускаются с диаметром резьбы от 6 до 48 мм и длиной от 8 до 300 мм. ГОСТ 7798—70 устанавливает основные размеры (таблица 25) наиболее распространенных в машиностроении болтов с шестигранной головкой (рисунок 303), нормальной точности.

Таблица 25 — Размеры болтов **В миллиметрах**

Диаметр резьбы болта, *d*	6	8	10	12	16	20	24	30
Шаг резьбы: крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5
мелкий	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2
S	10	13	16	18	24	30	36	46
K	4	5,3	6,4	7,5	10	12,5	15	18,7
e	10,9	14,2	17,6	19,9	26,2	33	39,6	50,9
b	18	22	26	30	38	46	54	66
l	8—90	8—100	10—200	14—260	20—300	25—300	35—300	40—300

Размер (*l*) выбирается из ряда: 8; 10; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 90; 100; 110; 120, 130, 140... .

Каждому диаметру резьбы болта d соответствуют определенные размеры его головки. При одном и том же диаметре резьбы d болт может изготавливаться различной длины l, которая стандартизована. Длина резьбы болта b также стандартизована и устанавливается в зависимости от его диаметра d и длины l (ГОСТ 7798—70).

Формы и размеры концов болтов с метрической резьбой должны соответствовать ГОСТ 12414—66.

Рабочий чертеж болта выполняется по размерам, взятым из соответствующего стандарта.

Обычно резьбовые крепежные детали изображаются на чертеже так, чтобы ось их резьбы располагалась параллельно основной надписи чертежа.

Болты со стержнем длиной менее длины резьбы (b), с учетом недореза, изготавливаются с резьбой по всей длине стержня.

Пример условного обозначения болта исполнения 1, диаметром резьбы $d = 12$ мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 6g, длиной $l = 60$ мм, длиной резьбовой части $b = 30$ мм, класса прочности 5.8, без покрытия:

Болт М12-6g × 60.58 ГОСТ 7798–70.

Пример условного обозначения болта исполнения 1, диаметром резьбы $d = 12$ мм, с мелким шагом резьбы 1,25 мм, с полем допуска 6g, длиною $l = 60$ мм, длиной резьбовой части $b = 30$ мм, класса прочности 10.9, марки стали 40X, с покрытием цинком с хроматированием, толщиной покрытия 6 мкм:

Болт М12 × 1,25-6g × 60.109.40Х.016 ГОСТ 7798—70.

Гайка навинчивается на резьбовой конец болта, при этом соединяемые детали зажимаются между гайкой и головкой болта. По форме гайки могут быть шестигранными, квадратными, круглыми. Наиболее распространены шестигранные гайки нормальной точности по ГОСТ 5915—70 в двух исполнениях (с двумя и одной наружными фасками; на рисунке 304 показана гайка в исполнении 1), с диаметром резьбы от 1,6 до 48 мм, с размерами, указанными в таблице 26.

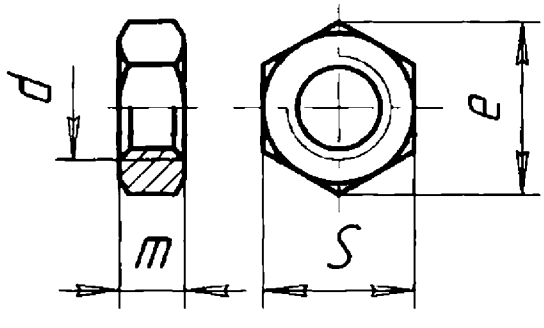


Рисунок 304

Таблица 26 — Размеры гаек **В миллиметрах**

Диаметр резьбы гайки, *d*	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24
Шаг резьбы крупный	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
Шаг резьбы мелкий	—	—	—	—	—	—	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	2
S	3,2	4	5	5,5	7	8	10	13	16	18	24	30	36
e	3,3	4,2	5,3	5,9	7,5	8,6	10,9	14,2	17,6	19,9	26,2	33	39,6
m	1,3	1,6	2	2,4	3,2	4,7	5,2	6,8	8,4	10,8	14,8	18	21,5

Пример условного обозначения гайки исполнения *1*, диаметром резьбы *d* = *12* мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска *6H*, класса прочности *5* без покрытия:

Гайка М12-6Н.5 ГОСТ 5915—70.

Пример условного обозначения гайки исполнения 1, диаметром резьбы *d* = 12 мм, с мелким шагом резьбы 1,25 мм, полем допуска 6*H*, класса прочности 9, марки стали 40*Х*, с покрытием цинком с хроматированием, толщиной покрытия 6 мкм:

Гайка М12 × 1,25-6Н. 9.40Х.016 ГОСТ 5915—70.

Винтом называется резьбовой стержень, на одном конце которого имеется головка. Винты изготавливаются с головками разных форм: цилиндрической, с полукруглой головкой, с конической (потайной) головкой и др.

ГОСТ 1491—80 определяет размеры винтов с цилиндрической головкой, с диаметром резьбы от 1 до 20 мм, длиной от 2 до 120 мм (рисунок 305, таблица 27).

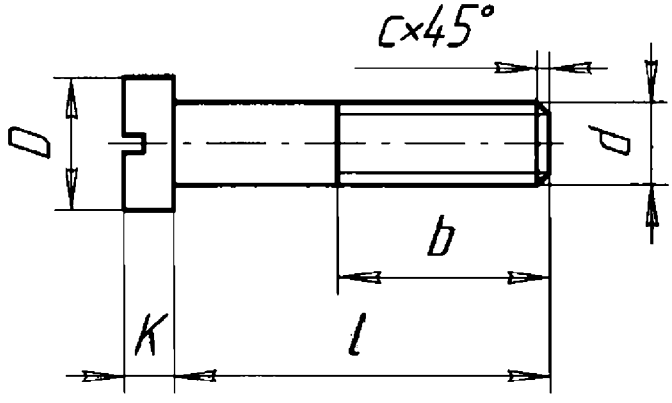


Рисунок 305

Таблица 27 — Размеры винтов с цилиндрической головкой **В миллиметрах**

Диаметр резьбы винта, d	1	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
Шаг резьбы крупный	0,25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2
Шаг резьбы мелкий	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,25	1,25	1,5
D	2	3	3,8	4,5	5,5	7	8,5	10	13	16	18	24
K	0,7	1	1,3	1,6	2	2,6	3,3	3,9	5	6	7	9
b	8	9	10	11	12	14	16	18	22	26	30	38
l	2—10	2—16	3—20	3—25	3—30	4—40	6—50	8—60	12—80	20—100	20—100	30—100

Размер (l) выбирается из ряда: 2; 3; 4; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 90; 100; 110; 120.

Винты со стержнем длиной менее длины резьбы (b), с учетом недореза, изготавливаются с резьбой по всей длине стержня.

Пример условного обозначения винта класса точности B, диаметром резьбы $d = 8$ мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска $6g$, длиною $l = 50$ мм, нормальной длиной резьбовой части $b = 22$ мм, класса прочности 4.8, без покрытия:

Винт В. М8-6g × 50.48 ГОСТ 1491—80.

Пример условного обозначения винта класса точности A, диаметром $d = 8$ мм, с мелким шагом резьбы 1 мм, с полем допуска $6g$, длиною $l = 50$ мм, удлиненной резьбовой частью 34 мм, класса прочности 4.8, с цинковым покрытием с хроматированием, толщиной покрытия 6 мкм:

Винт А. М8 × 1-6g × 50-34.48.016 ГОСТ 1491—80.

ГОСТ 17473—80 определяет конструкцию и размеры винтов с полукруглой головкой, диаметром резьбы от 1 до 20 мм, длиной от 2 до 120 мм, (рисунок 306, таблица 28).

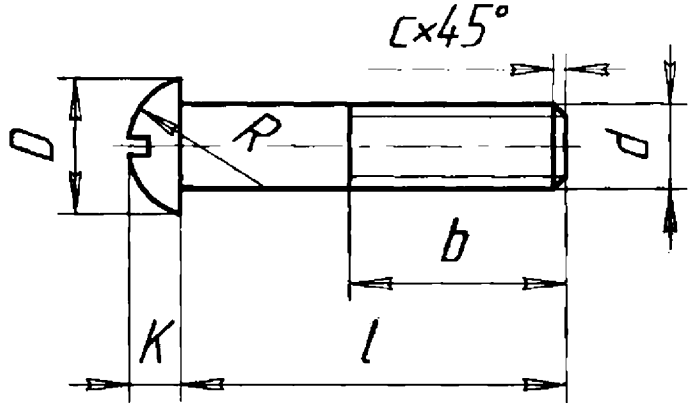


Рисунок 306

Таблица 28 — Размеры винтов с полукруглой головкой **В миллиметрах**

Диаметр резьбы винта, *d*	1	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
Шаг резьбы крупный	0,25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2
Шаг резьбы мелкий	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,25	1,25	1,5
D	2	3	3,8	4,5	5,5	7	8,5	10	13	16	18	24
K	0,7	1	1,4	1,7	2,1	2,8	3,5	4,2	5,6	7	8	11
b	8	9	10	11	12	14	16	18	22	26	30	38
R	1,1	1,6	2	2,4	2,9	3,6	4,4	5,1	6,6	8,1	9,1	12,1
l	2—5	2—14	3—16	3—25	3—30	4—40	6—50	8—55	12—70	20—70	20—80	30—90

Размер (*l*) выбирается из ряда: 2; 3; 4; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 90; 100; 110; 120.

Винты со стержнем длиной менее длины резьбы (*b*), с учетом недореза, изготавливаются с резьбой по всей длине стержня.

Условное обозначение винтов по ГОСТ 17473—80 с полукруглой головкой аналогично условному обозначению винтов по ГОСТ 1491—80 с цилиндрической головкой.

ГОСТ 17475—80 определяет конструкцию и размеры винтов с конической (потайной) головкой, с диаметром резьбы от 1 до 20 мм, длиной от 2 до 120 мм (рисунок 307, таблица 29).

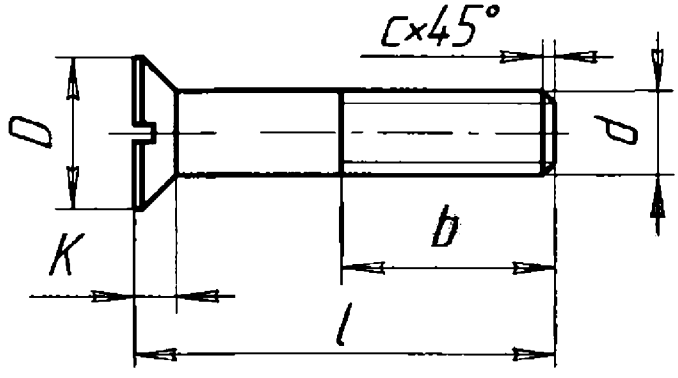


Рисунок 307

Таблица 29 — Размеры винтов с потайной головкой **В миллиметрах**

Диаметр резьбы винта, *d*	1	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
Шаг резьбы крупный	0,25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2
Шаг резьбы мелкий	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,25	1,25	1,5
D	1,9	3	3,8	4,7	5,6	7,4	9,2	11	14,5	18	21,5	28,5
K	0,6	0,9	1,2	1,5	1,65	2,2	2,5	3	4	5	6	8
b	8	9	10	11	12	14	16	18	22	26	30	38
l	2—10	3—16	3—20	4—25	4—30	5—40	6—50	8—60	8—80	11—100	16—100	35—100

Размер (*l*) выбирается из ряда: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 90; 100; 110; 120.

Винты со стержнем длиной менее длины резьбы (b), с учетом недореза, изготавливаются с резьбой по всей длине стержня.

Условное обозначение винтов по ГОСТ 17475—80 с потайной головкой аналогично условному обозначению винтов по ГОСТ 1491—80 с цилиндрической головкой.

Шпилька применяется в тех случаях, когда у деталей нет места для размещения головки болта, или если одна из деталей имеет значительно большую толщину, тогда применять слишком длинный болт неэкономично.

Шпилька представляет собой цилиндрический стержень, имеющий с обоих концов резьбу. Одним резьбовым концом (коротким) шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие, выполненное в одной из деталей. На второй конец с резьбой навинчивается гайка, соединяя детали. Размеры шпильки стандартизованы. Длина b_1 ввинчиваемого резьбового конца определяется материалом детали, в которую он должен ввинчиваться, и может выполняться разной величины:

— $b_1 = d$ — для стальных, бронзовых и латунных деталей;

— $b_1 = 1{,}25d$ — для чугунных деталей;

— $b_1 = 1{,}6d$ и $2\ d$ — для деталей из легких сплавов;

— $b_1 = 2{,}5d$ — для деталей из полимерных материалов (d — наружный диаметр резьбы).

Под длиной шпильки l понимается длина стержня без длины ввинчиваемого резьбового конца. Шпильки изготавливаются на концах с одинаковыми диаметрами резьбы и гладкой частью стержня посередине.

ГОСТ 22032—76 определяет конструкцию и размеры шпилек с ввинчиваемым концом длиной b_1, диаметром резьбы от 2 до 48 мм (рисунок 308, таблица 30).

Таблица 30 — Размеры шпилек **В миллиметрах**

Диаметр резьбы шпильки, d	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
Шаг резьбы крупный	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5
Шаг резьбы мелкий	—	—	—	—	—	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5
b_1	3	3	3	4	5	6	8	10	12	16	20
l	10—80	15—160	15—160	18—160	20—160	25—160	28—200	35—200	38—200	45—240	48—240

Размер (l) выбирается из ряда: 10; 12; 15; 18; 20; 25; 28; 30; 35; 38; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 100; 110; 120, 130... .

Пример условного обозначения шпильки исполнения 1, диаметром резьбы $d = 16$ мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 6g, дли-

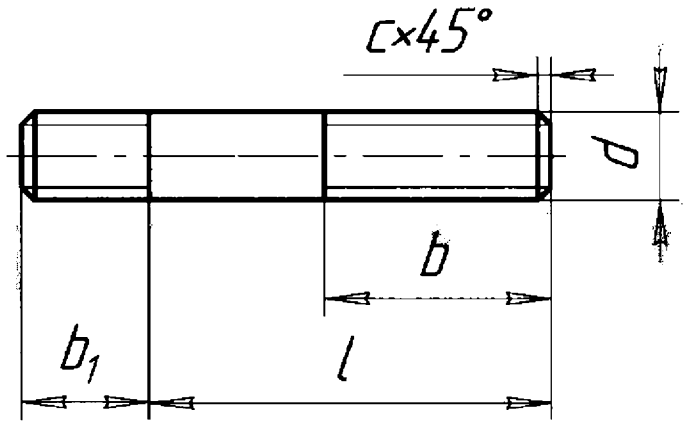


Рисунок 308

ною $l = 100$ мм, длиною резьбового гаечного конца $b = 38$ мм, класса прочности 5.8, без покрытия:

Шпилька М16-6g × 100.58 ГОСТ 22032—76.

Пример условного обозначения шпильки исполнения 1, диаметром резьбы $d = 16$ мм, с мелким шагом резьбы 1,5 мм, с полем допуска 8g, длиною $l = 100$ мм, длиною резьбового гаечного конца $b = 38$ мм, класса прочности 10.9, из стали марки 30ХГСА, с кадмиевым покрытием с хроматированием, толщиной покрытия 6 мкм:

Шпилька М16 × 1,5-8g × 100.109.30ХГСА.026 ГОСТ 22030—76.

Шайбы применяются в конструкциях в следующих случаях:
- если необходимо предохранить опорную поверхность детали от задиров при затяжке гайки ключом;
- если детали изготовлены из мягкого материала, в этом случае нужна большая опорная поверхность под гайкой для предупреждения смятия детали;
- когда мала опорная поверхность гаек.

Шайбы выполняются по ГОСТ 18123—82 и по стандартам на виды шайб. Размеры шайб для крепежных резьбовых деталей с диаметром от 1 до 48 мм определены по ГОСТ 11371—78 (рисунок 309, таблица 31).

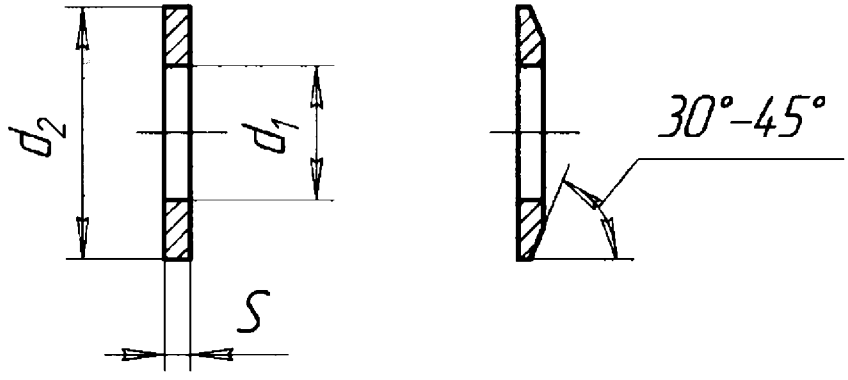


Рисунок 309

Таблица 31 — Размеры шайб **В миллиметрах**

Диаметр резьбы, d	1	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
d_1 кл. точн. C	1,2	1,8	2,4	2,9	3,4	4,5	5,5	6,6	9	11	13,5	17,5
d_1 кл. точн. A	1,1	1,7	2,2	2,7	3,2	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13	17
d_2	3,5	4	5	6	7	9	10	12	16	20	24	30
S	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,8	1	1,6	1,6	2	2,5	3

Пример обозначения шайбы исполнения 1, под болт с диаметром резьбы $d = 12$ мм, изготовленной из стали 08 кп, с цинковым покрытием с хроматированием, толщиной покрытия 6 мкм:

Шайба 12.01.08кп.016 ГОСТ 11371—78.

В качестве предупреждения самоотвинчивания болтов, винтов и гаек применяют ***пружинные шайбы***, которые представляют собой как бы виток пружины квадратного сечения с левым направлением навивки. Пружинная шайба разрезана поперек, под углом 70—85° к плоскости опоры. Острые края ее при сжатии гайкой стремятся внедриться в материал детали и в торец гайки, тем самым задерживая обратное вращение гайки или болта. Кроме того, пружинная шайба обеспечивает постоянное натяжение между витками резьбы болта и гайки и этим самым способствует задержке обратного поворота гайки.

Пружинная шайба (рисунок 310, таблица 32), выполненная по ГОСТ 6402—70 для болта с диаметром резьбы $d = 12$ мм из стали марки 65Г, с кадмиевым покрытием с хроматированием, толщиной покрытия 9 мкм обозначается:

Шайба 12.65Г.029 ГОСТ 6402—70.

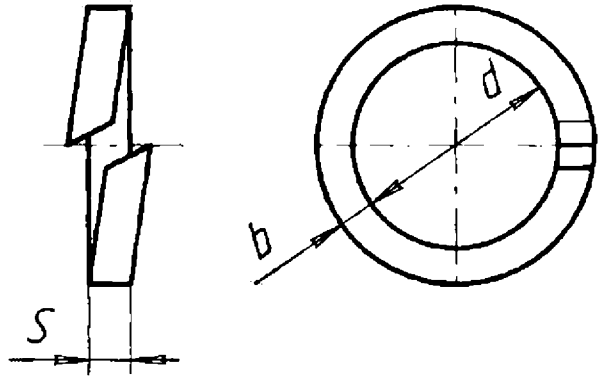


Рисунок 310

Таблица 32 — Размеры пружинных шайб **В миллиметрах**

d винта	2	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18
b	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	2	2	2,5	3	3,2	3,5	4
d	2,1	2,6	3,1	4,1	5,1	6,1	7,2	8,2	10,2	12,2	14,2	16,3	18,3

Ширина шайбы b взята для шайб типа *Н*.

Пружинные шайбы изготавливаются из стали марок 3Х13 и 65Г, типов Н, Т, ОТ, Л.

Для шайб типа *Н*: $b = S$.

Вопросы для самопроверки

1. В чем разница между болтом и шпилькой?
2. Чему равняется длина ввинчиваемого конца шпильки, предназначенной для соединения двух стальных деталей?
3. Из какого материала изготавливают пружинные шайбы?
4. Для каких целей применяют плоские шайбы?
5. Что понимают под длиной шпильки?
6. С головками каких форм изготавливают винты?
7. Что входит в длину винта с цилиндрической и потайной головкой?
8. С какой резьбой выполняют крепежные детали общего назначения?
9. Из каких материалов изготавливают крепежные детали?
10. Что характеризует класс прочности крепежной детали?
11. Что входит в обозначение крепежной детали?
12. Для чего применяют покрытие на крепежной детали?
13. Как обозначается материал, из которого изготовлена крепежная деталь
14. Чем характеризуется группа материала крепежной детали?
15. Для чего необходима фаска на головке болта?

3.21 Резьбовые соединения

Все существующие соединения деталей можно разделить на разъемные и неразъемные.

Разъемными называют соединения, повторная сборка и разборка которых возможна без повреждения их составных частей. Соединения, не предусматривающие возможность их разборки и, следовательно, которые нельзя разобрать без повреждения, называют ***неразъемными***.

Разъемными являются все резьбовые соединения. Резьбовые соединения выполняют с применением рекомендуемых стандартами упрощений и условностей. При сборке машин, станков, приборов и аппаратов отдельные их детали в большинстве случаев соединяют друг с другом резьбовыми крепежными изделиями: болтами, винтами, шпильками. Резьбовое соединение оригинальных деталей, на одной из которых нарезана наружная, а на другой — внутренняя резьба, показано на рисунке 286. На продольных разрезах таких деталей показана только та часть внутренней резьбы, которая не закрыта завернутой в нее деталью с наружной резьбой. На поперечных разрезах, если секущая плоскость рассекает обе соединяемые детали, штриховка детали с наружной резьбой выполняется до наружной окружности резьбы (рисунок 286, слева). Де-

таль с наружной резьбой в таких разрезах показывается незаштрихованной, если ее конструкция непустотелая (рисунок 286, справа).

На рисунке 311, слева изображено ***болтовое соединение***, с указанием всех зазоров между элементами, фасок и пр. Для осуществления болтового соединения необходимо наличие зазора между болтом и соединяемыми деталями. Величина этого зазора определяется стандартами.

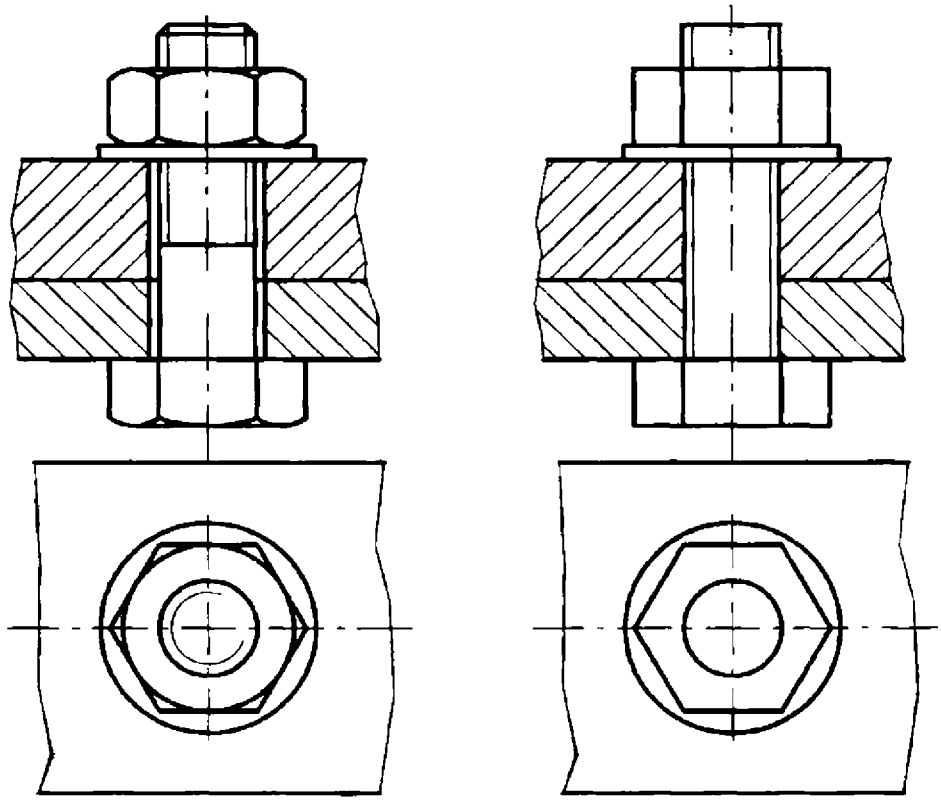


Рисунок 311

При выполнении сборочных чертежей машин, когда приходится изображать много болтовых соединений, с целью экономии времени болт, гайку и шайбу обычно чертят упрощенно, по размерам этих элементов, взятых в стандартах, в зависимости от диаметра резьбы (рисунок 311, справа). На этом изображении фаски, зазоры и условное изображение резьбы на виде сверху отсутствуют, резьба показана по всей длине стержня.

Длина болта l подсчитывается (рисунок 312) по формуле $l = m + n + S + H + h$, где H и h — толщина соединяемых деталей; S — толщина шайбы; m — высота гайки; n — длина выступающего над гайкой конца болта ($n \approx 2P$, P — шаг резьбы).

Подсчитав длину болта, по таблице 25 подбирают значение l в зависимости от диаметра d. Выбранное из таблицы значение длины болта l должно быть больше или равно подсчитанному значению длины болта.

При вычерчивании на сборочных чертежах ***шпилечного соединения*** (рисунок 313) рекомендуется, как при болтовом соединении пользоваться упрощениями.

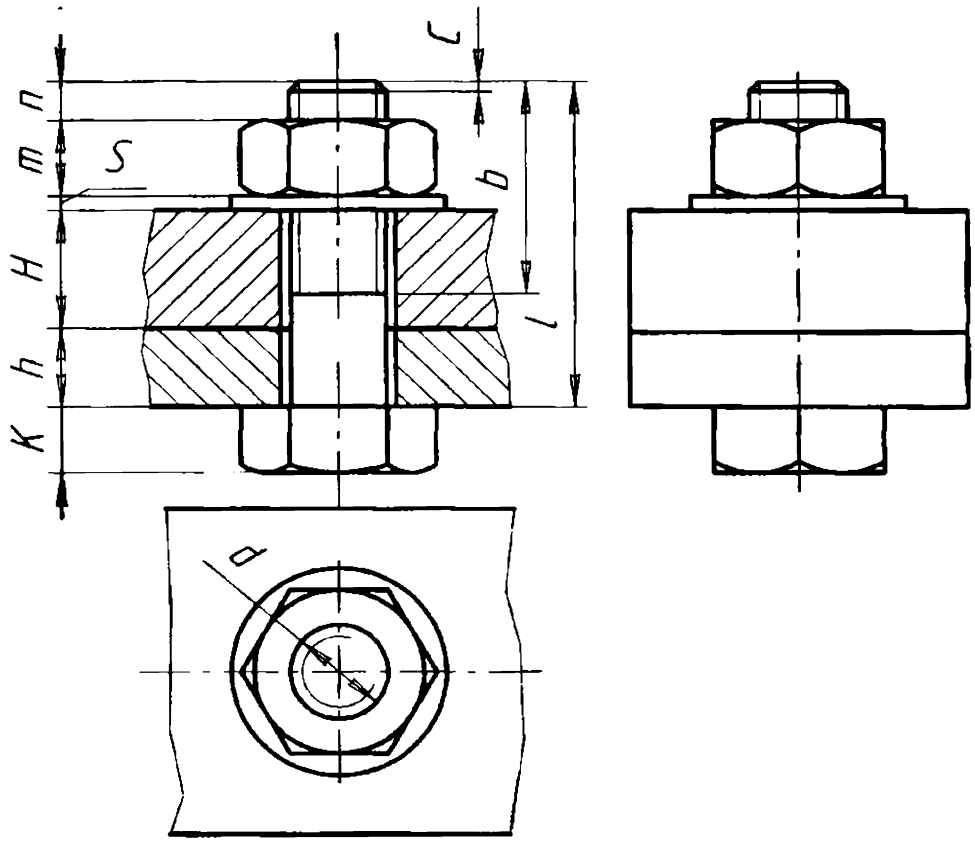


Рисунок 312

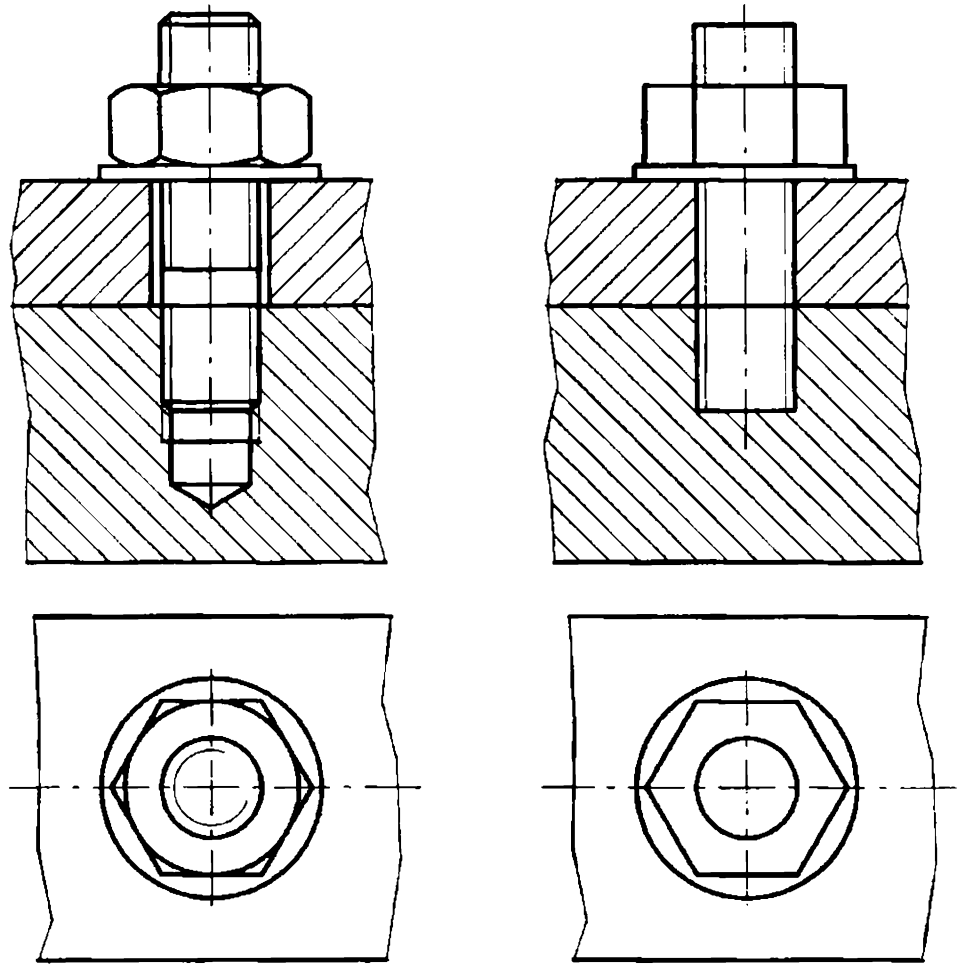


Рисунок 313

Соединение двух деталей шпилькой предполагает закручивание шпильки коротким резьбовым концом b_1 до упора в глухое резьбовое отверстие первой детали. При этом длина выступающей части шпильки над первой деталью l называется длиной шпильки. Вторая деталь, имея сквозное гладкое цилиндрическое отверстие, немного большего диаметра, чем диаметр шпильки, устанавливается сверху. На резьбовой конец шпильки надевается шайба и накручивается гайка.

Длину b_1 ввинчиваемого конца шпильки выбирают в зависимости от материала детали.

Технологическая последовательность выполнения отверстия с резьбой под шпильку и порядок сборки шпилечного соединения показаны на рисунке 313, слева.

Вначале сверлят предварительное отверстие диаметром меньшим, чем размер резьбы. Отверстие заканчивается конической поверхностью с углом у вершины конуса 120° (угол конуса на чертежах не наносят). Величина диаметра предварительного отверстия и его глубина выбираются по нормативным документам. Резьбу в отверстии детали нарезают метчиком по наружному диаметру d. Так как на конце метчика имеется заборный конус, предупреждающий поломку метчика в начале нарезания, глубина резьбы в отверстии будет несколько меньше глубины отверстия. Границу резьбы изображают сплошной основной линией, перпендикулярной к оси отверстия.

Номинальные диаметры резьбы шпильки и резьбового отверстия принимают одинаковыми.

Шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие первой детали на всю длину резьбы b_1, включая сбег резьбы.

Сверху устанавливается вторая деталь с отверстием немного большего диаметра, чем диаметр шпильки. На резьбовой конец шпильки надевается шайба и навинчивается гайка.

При упрощенном изображении шпилечного соединения (рисунок 313, справа) фаски, зазоры, технологические особенности и условное изображение резьбы на виде сверху отсутствуют, резьба показана по всей длине стержня.

Длина шпильки l подсчитывается (рисунок 314) по формуле $l = m + S + H + n$, где H — толщина присоединяемой детали; S — толщина шайбы; m — высота гайки; n — длина выступающего над гайкой конца шпильки ($n \approx 2P$, P — шаг резьбы).

Подсчитав длину шпильки, по таблице 30 подбирают значение l в зависимости от диаметра d. Выбранное из таблицы значение длины шпильки l должно быть больше или равно подсчитанному значению длины шпильки.

Как и в шпилечном соединении, ***винт*** завинчивается в отверстие с резьбой, выполненное в одной из соединяемых деталей (рисунок 315). Длина ввинчиваемого резьбового конца винта и резьбового отверстия определяется материалом детали. Ориентировочно длину ввинчиваемо-

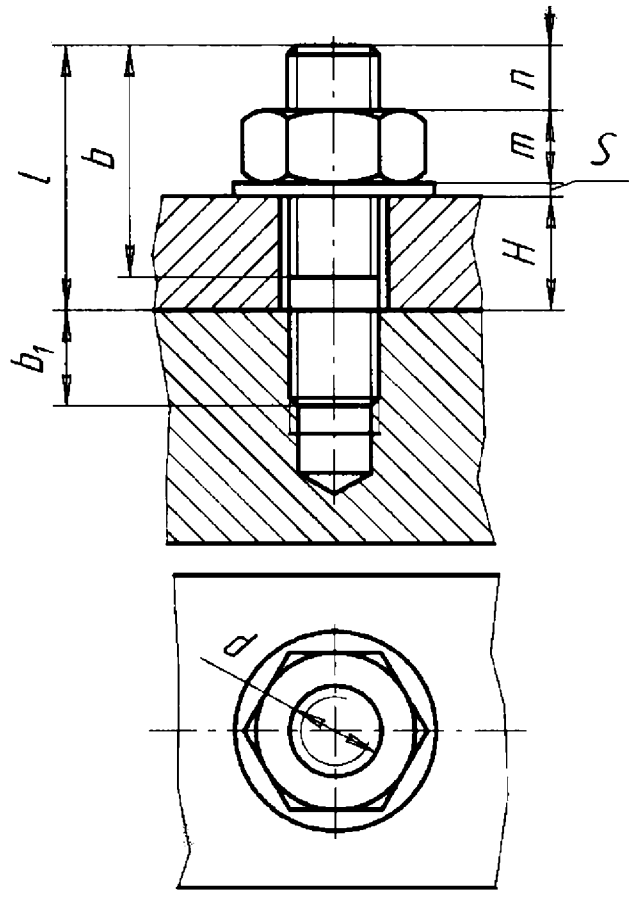


Рисунок 314

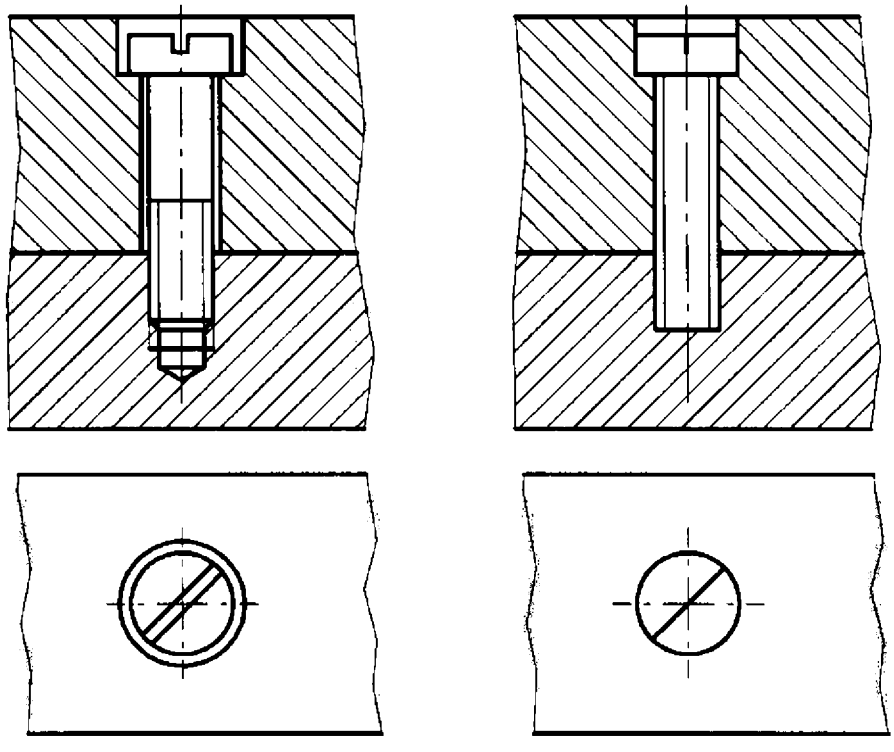


Рисунок 315

го резьбового конца винта (рисунок 316) можно определить равной высоте гайки (m) того же размера резьбы, выполненной из такого же материала, что и винт. На виде сверху шлицы винтов принято изображать под углом 45° к осям.

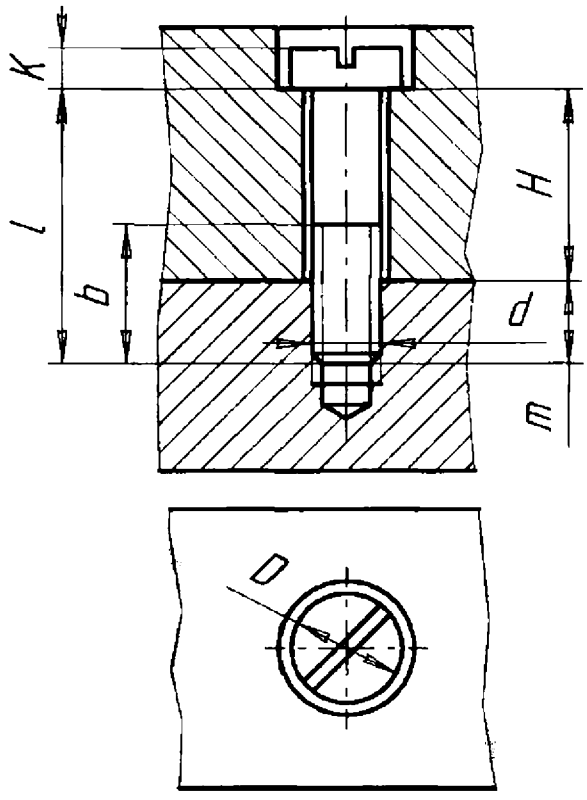


Рисунок 316

Длина винта l подсчитывается (рисунок 316) по формуле $l = m + H$, где H — толщина присоединяемой детали; размер m — ориентировочно приравненный к высоте гайки для данного значения резьбы винта. Подсчитав длину винта, по таблицам 27—29 подбирают значение l в зависимости от диаметра d. Выбранное из таблицы значение длины винта l должно быть больше или равно подсчитанному значению длины винта.

Граница резьбы винта должна быть несколько выше линии разъема деталей. Верхние детали в отверстиях резьбы не имеют. Между этими отверстиями и винтами должны быть зазоры (рисунок 315, слева).

На рисунке 315, справа показано упрощенное изображение винтового соединения.

Винты можно использовать для соединения деталей по схеме болтового соединения, т. е. применяя шайбы и гайки.

ГОСТ 2.315—68 устанавливает упрощенные и условные изображения крепежных деталей на сборочных чертежах.

В упрощенных изображениях резьба показывается по всей длине стержня крепежной резьбовой детали. Фаски, скругления, а также зазоры между стержнем детали и отверстием не изображаются. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, резьба на стержне изображается одной окружностью, соответствующей наружному диаметру резьбы (дуга, соответствующая внутреннему диаметру резьбы, не изображается). Шлицы на головках крепежных деталей следует изображать одной сплошной линией, на одном виде — по оси крепежной детали, на другом — под углом 45° к рамке чертежа.

Крепежные детали, у которых на чертеже диаметры стержней равны 2 мм и менее, изображают условно. Размер изображения должен давать полное представление о характере соединения.

Вопросы для самопроверки

1. Какие соединения относятся к разъемным и какие к неразъемным?
2. Как изображают в разрезах резьбу болта и гайки в собранном виде?
3. Как определить длину болта в болтовом соединении?
4. Как изображают глухое резьбовое отверстие?
5. Как определить глубину резьбового отверстия под шпильку?

3.22 Основные сведения о допусках и посадках

Указанные на чертеже размеры абсолютно точно получить невозможно. Это объясняется различными причинами: изнашиванием частей механизмов металлообрабатывающих станков, износом режущих частей инструментов, деформацией самой детали при обработке, погрешностью измерительных инструментов, изменением температуры воздуха и т. п.

Даже при обработке деталей на высокоточных станках получаются отклонения от заданных размеров. Следовательно, готовая деталь имеет некоторые отклонения в размерах. В крупносерийном производстве, когда изготовляется большое количество одинаковых деталей, необходимо, чтобы действительные размеры деталей (размеры, установленные измерением с допустимой погрешностью) находились в определенных пределах, обеспечивающих:

— возможность выполнения сборки деталей без каких-либо дополнительных операций (подгонки);
— необходимые эксплуатационные качества, надежность и долговечность изделий, собранных из изготовленных деталей.

Детали, отвечающие указанным требованиям, т. е., имеющие возможность выполнения сборки без каких-либо дополнительных операций (подгонки) называются ***взаимозаменяемыми.***

Величина того или иного элемента детали определяется номинальным размером, который указан на чертеже и получен в результате расчета, проведенного при конструировании детали.

Два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться действительный размер, называются ***предельными размерами***. Один из них называется ***наибольшим предельным размером***, другой — ***наименьшим предельным размером.***

Предельным отклонением размера называется алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Различают верх-

нее и нижнее предельные отклонения. ***Верхним предельным отклонением*** (ES — для отверстий, es — для валов) называется алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами. ***Нижним предельным отклонением*** (EI — для отверстий, ei — для валов) называется алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Предельное отклонение может быть положительным (обозначается знаком «+»), если предельный размер больше номинального, и отрицательным (обозначается знаком «–»), если предельный размер меньше номинального. Нижнее и верхнее предельные отклонения могут быть равны друг другу или отличаться друг от друга по их абсолютной величине, одно из этих предельных отклонений может быть равно нулю.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется ***допуском*** (IT). ***Полем допуска*** называется поле, ограниченное верхним и нижним предельными отклонениями (рисунок 317).

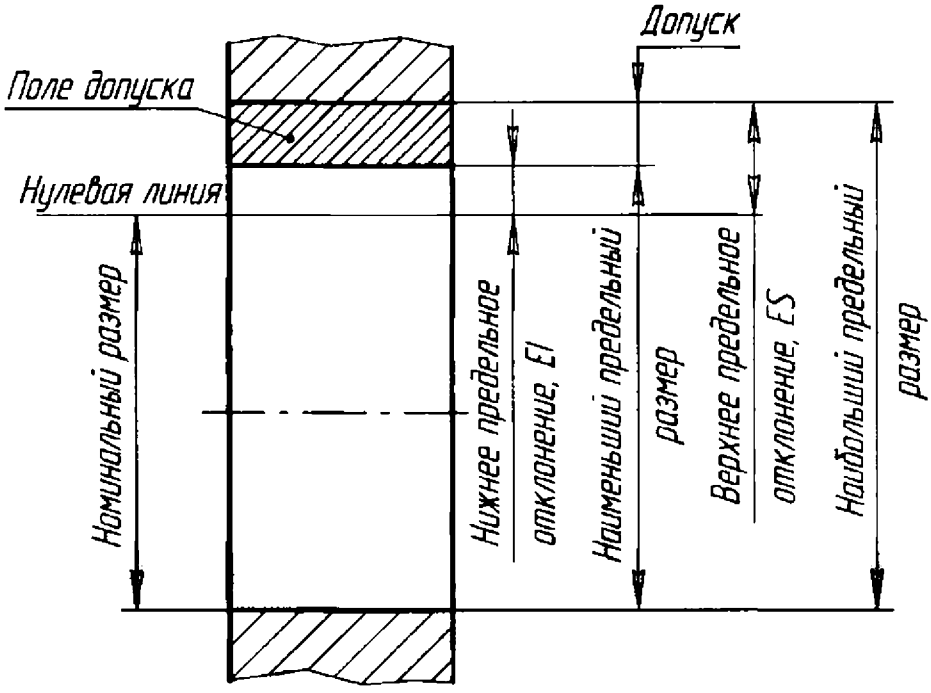


Рисунок 317

Нулевая линия на схеме — линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок. Если нулевая линия расположена горизонтально, то положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные — вниз.

На чертежах наносят номинальные размеры и их предельные отклонения, которые и определяют требуемую точность изделия при его изготовлении (рисунок 318). Нанесение на чертежах предельных отклонений выполняется по ГОСТ 2.307—68. По заданным на рисунке 318 предельным отклонениям можно определить подсчетом предельные размеры и допуск.

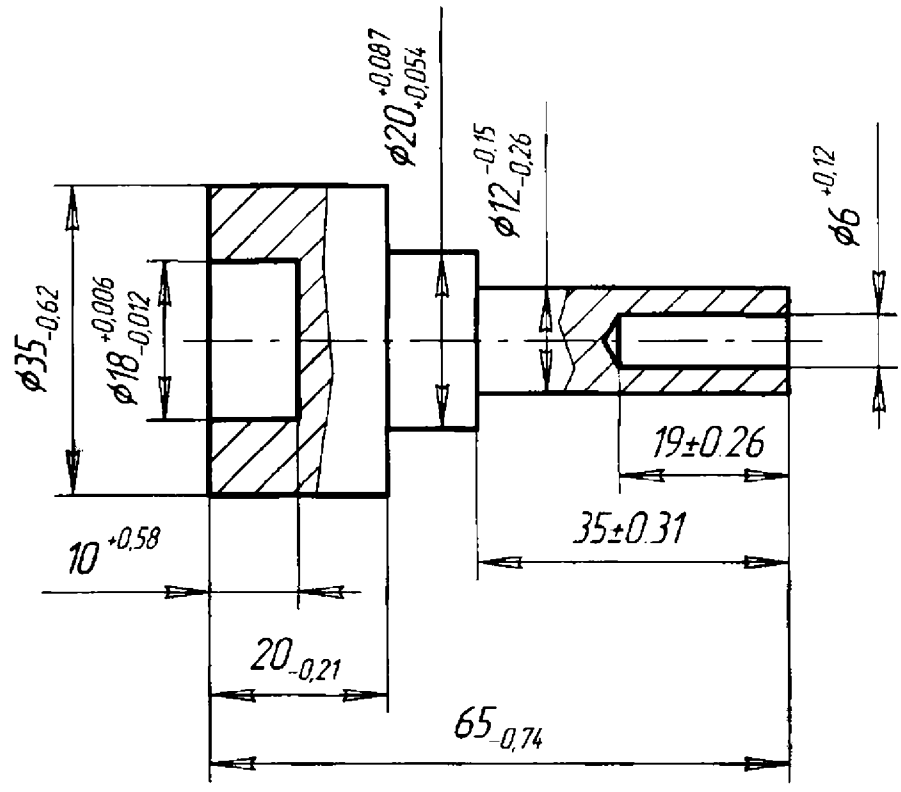


Рисунок 318

Любое сопряжение (соединение) двух деталей можно рассматривать как охватывание одной детали другой деталью, поэтому различают ***охватывающую*** и ***охватываемую*** детали. Охватывающая поверхность условно называется отверстием, а охватываемая — валом. Эти поверхности могут быть различными, например, поверхностями вращения, плоскостями и т. д.

Характер соединения деталей, определяемый разностью их размеров до сборки, т. е. величиной зазоров или натягов в соединении, называется ***посадкой.***

Зазором называется разность между размерами отверстия и вала до сборки, если размер отверстия больше размера вала (рисунок 319). Зазор дает возможность сопрягаемым деталям свободно перемещаться относительно друг друга.

Натягом называется разность между размерами вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия (рисунок 320). Натяг исключает возможность относительного перемещения деталей после их сборки. Величина натяга характеризует степень сопротивления смещению одной детали относительно другой после их соединения. Чем больше натяг, тем больше величина его сопротивления.

Существует значительное количество посадок, которые можно разделить на три группы:

Посадки с натягом — посадки, при которых всегда образуется натяг в соединении, т. е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала (рисунок 321).

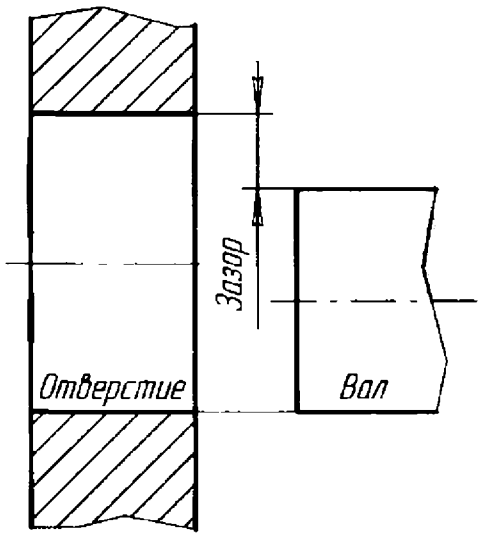


Рисунок 319

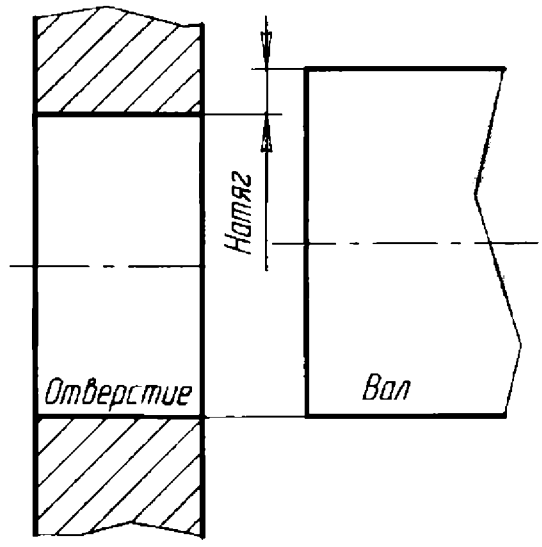


Рисунок 320

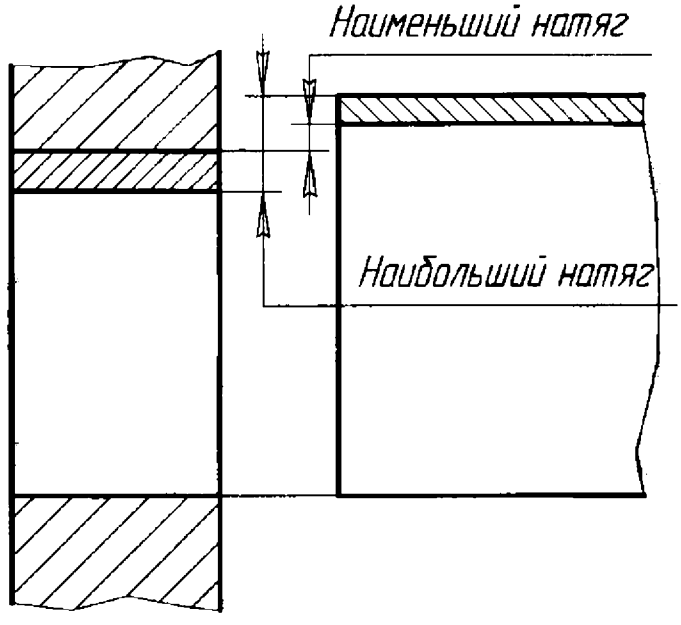


Рисунок 321

Посадки с зазором — посадки, при которых всегда образуется зазор в соединении, т. е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (рисунок 322).

Посадки переходные — посадки, при которых возможно получение, как зазора, так и натяга в соединении, в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. При графическом изображении поля допусков отверстия и вала перекрывается полностью или частично (рисунок 323).

Во всех конструкторских разработках должны соблюдаться правила и требования Единой системы допусков и посадок (ЕСДП), которая устанавливает совокупность стандартизованных допусков и предельных отклонений размеров, а также посадок, образованных отверстиями и валами, имеющими стандартные предельные отклонения размеров.

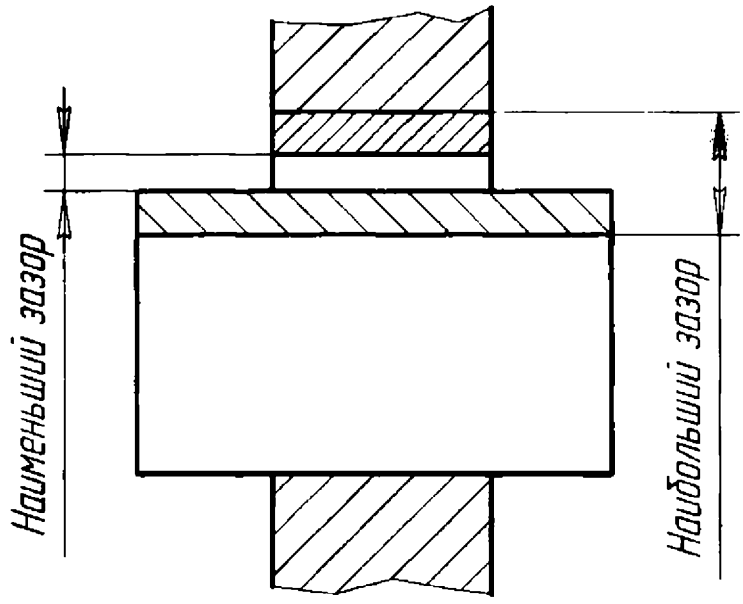


Рисунок 322

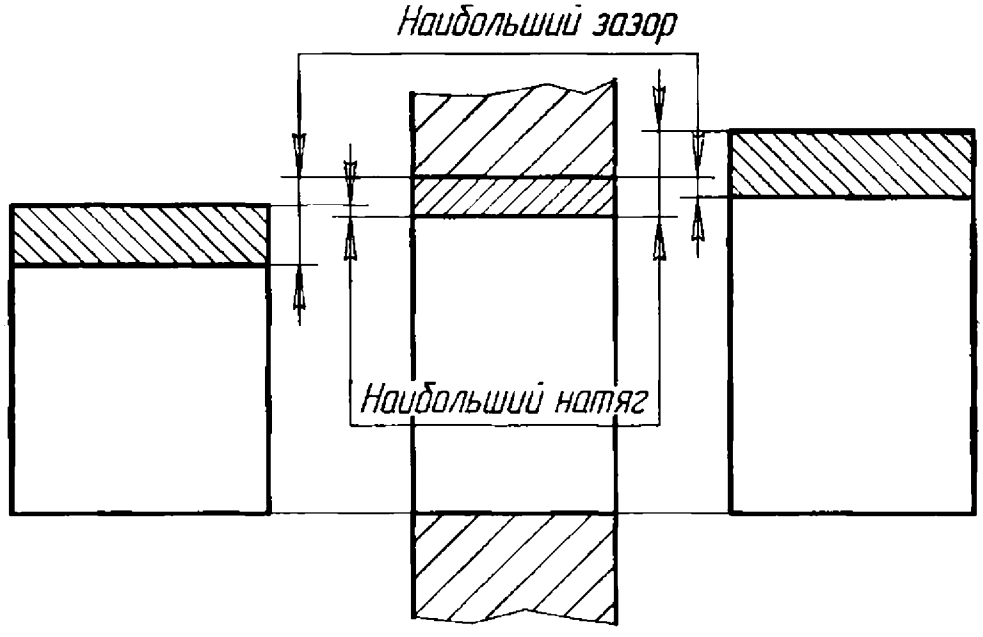


Рисунок 323

Основные правила и требования, определяемые ЕСДП, устанавливают следующие стандарты: ГОСТ 25346—89 и ГОСТ 25347—82.

В зависимости от назначения деталей, имеющих одинаковый размер, этому размеру могут соответствовать различные допуски. Совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующее одному уровню точности для всех номинальных размеров, называется ***квалитетом*** (степенью точности). Установлено 20 квалитетов, обозначаемых: 0,1; 0; 1; 2; ... 18.

Основные предельные отклонения условно обозначаются буквами латинского алфавита: прописными — для отверстий — *A*, *B*, *C*, *CD*, *D*, *E*, *EF*, *F*, *FG*, *G*, *H*, *J*, *K*, *M*, *N*, *P*, *R*, *S*, *T*, *U*, *V*, *X*, *Y*, *Z*, *ZA*, *ZB*, *ZC* (рисунок 324) и строчными — для валов — *a*, *b*, *c*, *cd*, *d*, *e*, *ef*, *f*, *fg*, *g*, *h*, *j*, *k*, *m*, *n*, *p*, *r*, *s*, *t*, *u*, *v*, *x*, *y*, *z*, *za*, *zb*, *zc* (рисунок 325).

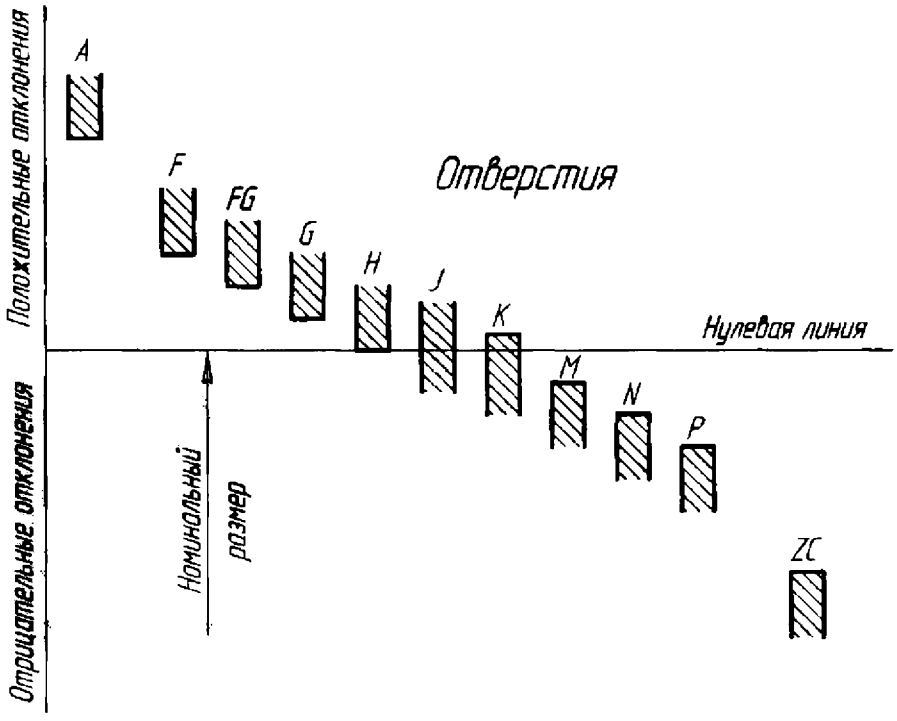


Рисунок 324

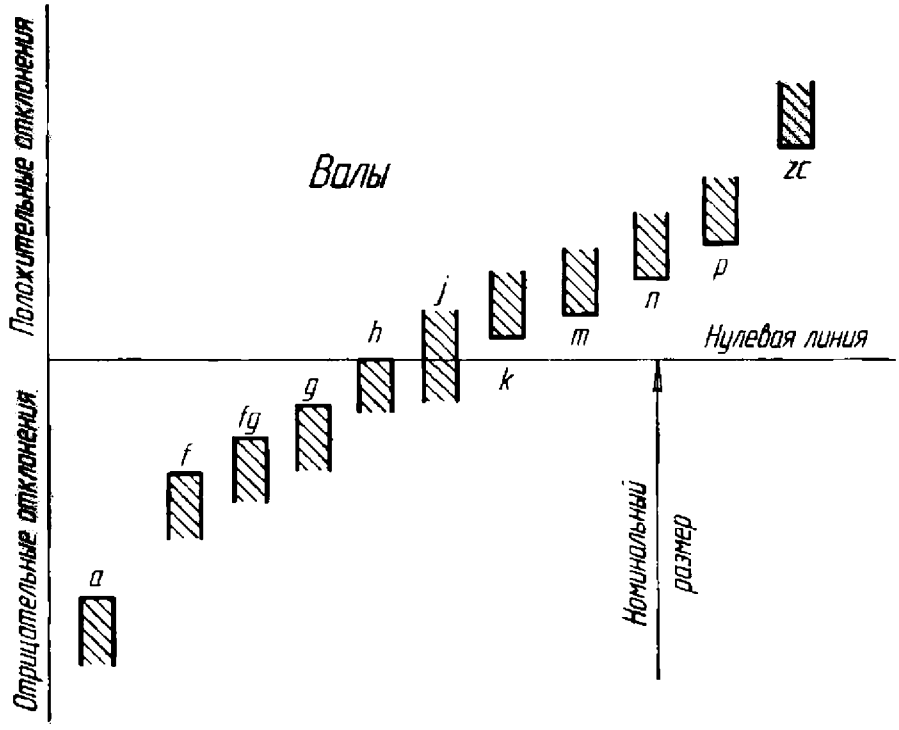
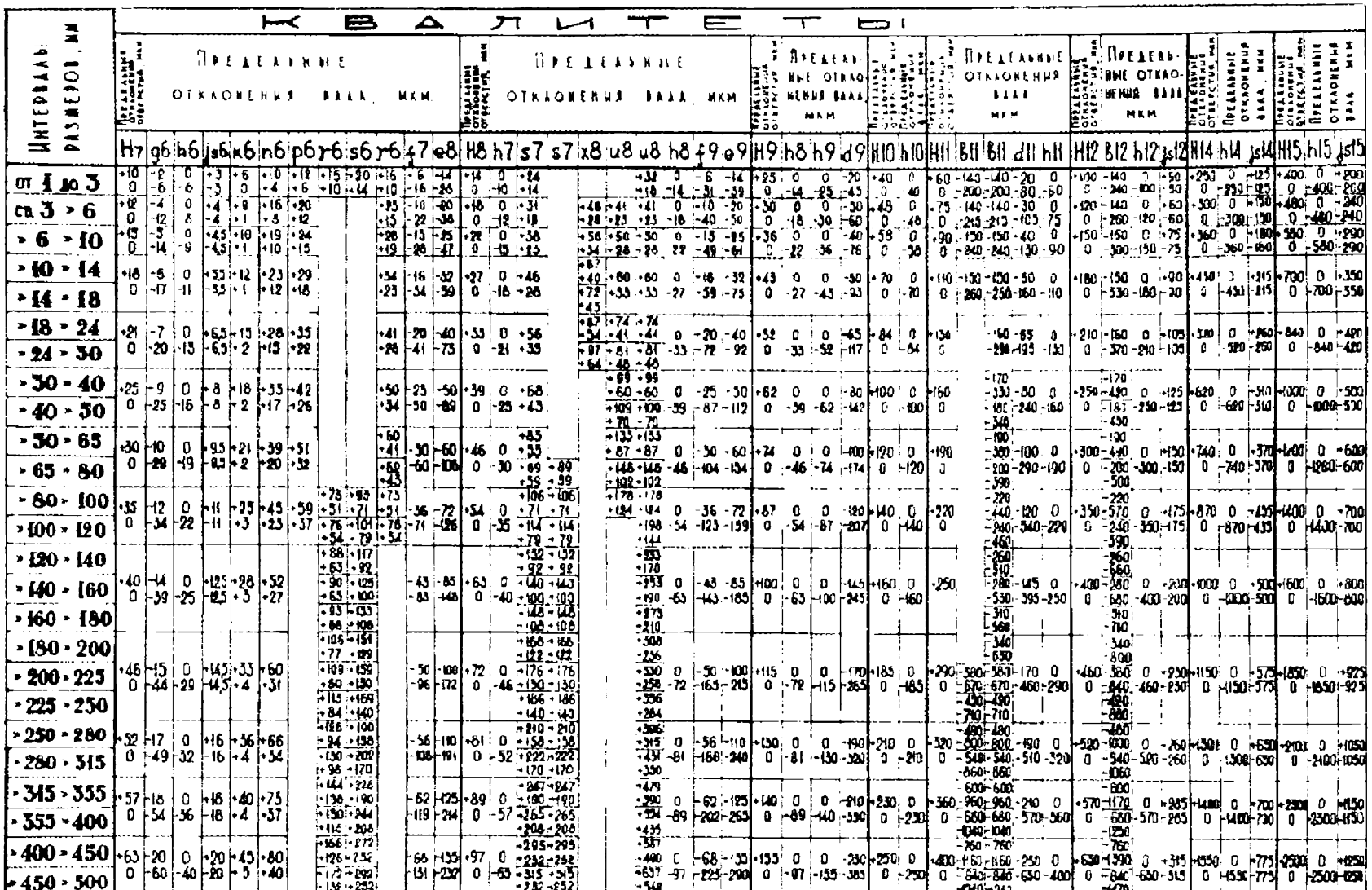


Рисунок 325

Условное обозначение поля допуска образуется сочетанием обозначения основного предельного отклонения и номера квалитета, которые указываются непосредственно после номинальных размеров, например, 40H7, 40H11 — для отверстий; 4g6, 12e8 — для валов. Числовые значения предельных отклонений берут из соответствующих стандартов. Примеры предельных отклонений вала и отверстия в системе отверстия приведены в таблице 33.

Таблица 33 — Таблица допусков и посадок. Система отверстий



Посадка обозначается дробью после номинального размера, в числителе которой указывается обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе — обозначение поля допуска вала.

Например: $40\frac{H7}{h6}$.

Осуществить ту или иную посадку можно за счет изменения размеров отверстия или размеров вала, поэтому применяют две системы посадок: систему отверстия и систему вала. Посадка в системе отверстия (рисунок 326) выполняется за счет изменения размера вала при неизменном размере основного отверстия. В системе вала посадки выполняются за счет изменения размеров отверстия (рисунок 327). Система

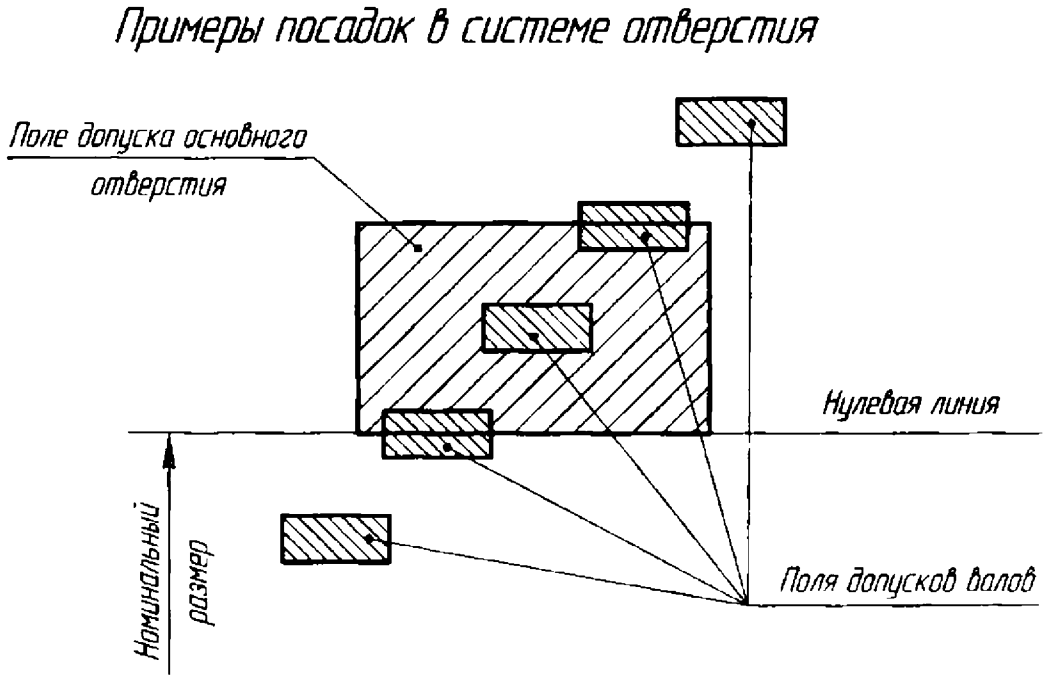


Рисунок 326

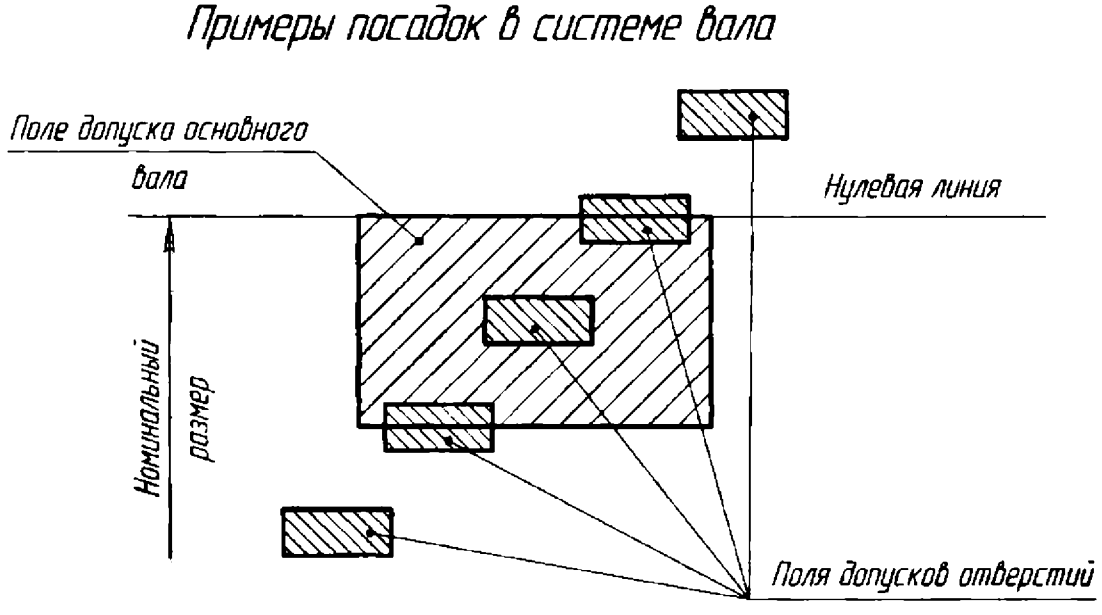


Рисунок 327

отверстия является предпочтительной, так как выполнить вал требуемого диаметра и подогнать под отверстие значительно проще.

Поля допусков и предельные отклонения для гладких сопрягаемых и несопрягаемых элементов деталей из пластмасс с номинальными размерами до 3150 мм устанавливает ГОСТ 25349—88. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками устанавливает ГОСТ 25670—83.

3.23 Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Точность изготовления детали определяется не только соблюдением ее размеров, но и соблюдением формы и расположения отдельных поверхностей этой детали.

Форма какой-либо поверхности, а также взаимное расположение поверхностей у изготовленной детали практически всегда имеют отклонения от того, что было предусмотрено на чертеже при разработке конструкции детали. Допуски формы и расположения поверхностей обозначаются на чертежах знаками, которые устанавливает ГОСТ 2.308—79.

Знаки (графические символы) разделяются на три группы: *допуски формы*, *допуски расположения*, *суммарные допуски формы и расположения* (таблица 34).

Формы и размеры знаков приведены на рисунке 328, где под размером *«h»* принимается высота шрифта по ГОСТ 2.304—81.

Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей в зависимости от степени точности устанавливает ГОСТ 24643—81.

Термины и определения допусков формы и расположения поверхностей устанавливает ГОСТ 24642—81.

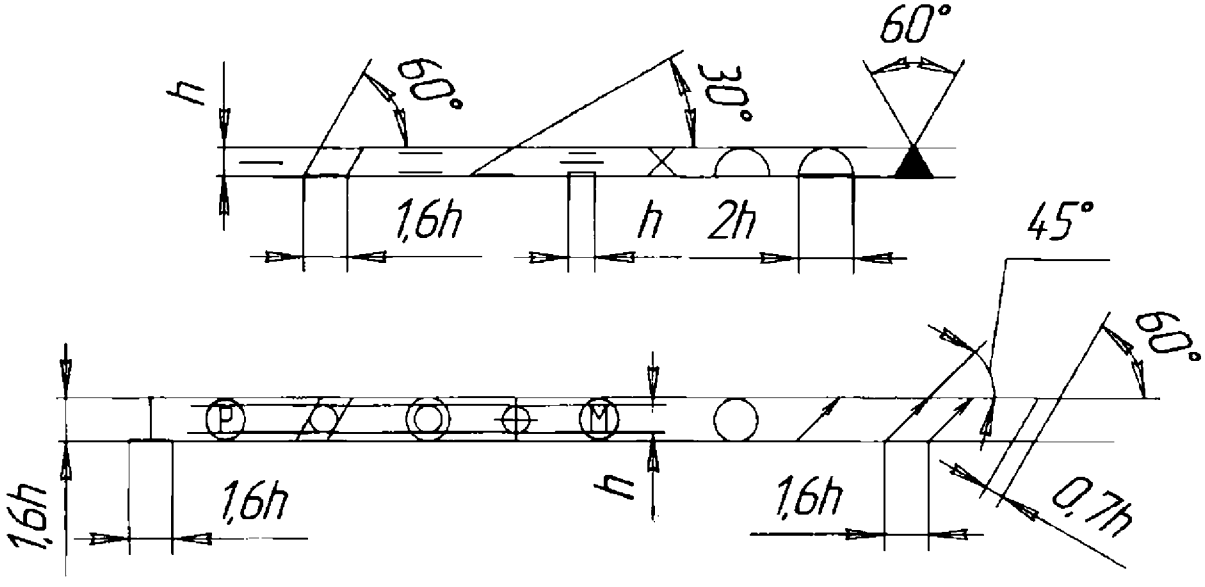


Рисунок 328

Таблица 34 — Группы, виды и знаки допусков

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	—
	Допуск плоскостности	▱
	Допуск круглости	○
	Допуск цилиндричности	⌭
	Допуск профиля продольного сечения	⌓
Допуск расположения	Допуск параллельности	//
	Допуск перпендикулярности	⊥
	Допуск наклона	∠
	Допуск соосности	◎
	Допуск симметричности	⌯
	Позиционный допуск	⌖
	Допуск пересечения осей	×
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения Допуск торцового биения Допуск биения в заданном направлении	↗
	Допуск полного радиального биения	⌰
	Допуск формы заданного профиля	⌒
	Допуск формы заданной поверхности	⌓

Допуск формы и расположения поверхностей допускается указывать текстом в технических требованиях, как правило, в том случае, если отсутствует знак вида допуска.

При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две и более части, в которых помещают:

- в первой — знак допуска по таблице 34;
- во второй — числовое значение допуска в миллиметрах по ГОСТ 24643—81;
- в третьей — буквенное обозначение базы или поверхности, с которой связан допуск расположения (рисунок 329).

Рамки следует выполнять сплошными тонкими линиями. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел. Рамку располагают горизонтально. Не допус-

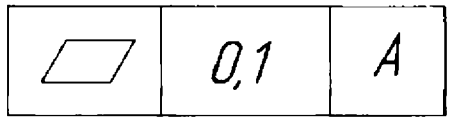


Рисунок 329

кается пересекать рамку какими-либо линиями. Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой (рисунок 330). Направление отрезка соединительной линии, заканчивающегося стрелкой, должно соответствовать направлению измерения отклонения. Соединительную линию отводят от рамки, как показано на рисунке 330.

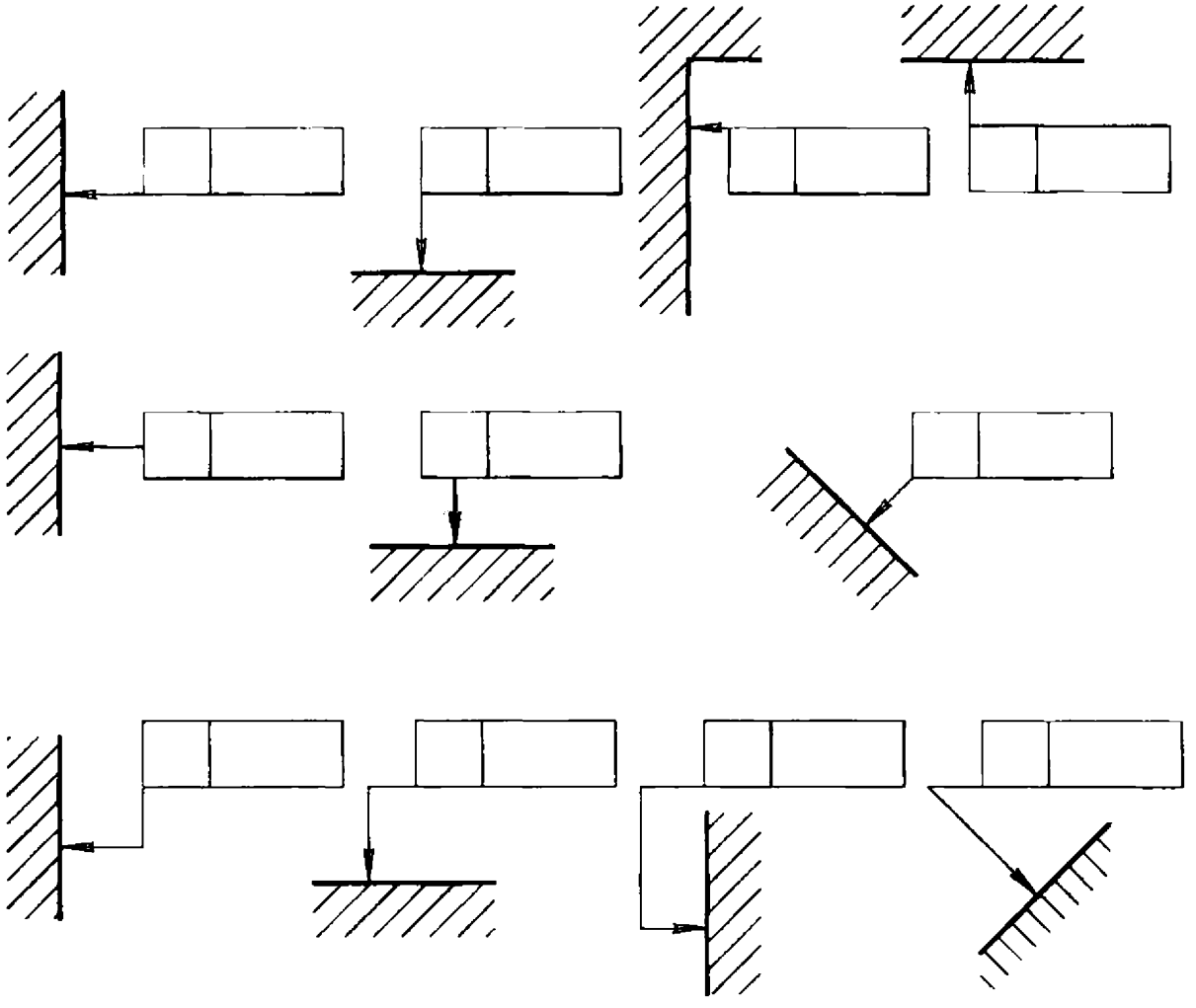


Рисунок 330

Если допуск относится к поверхности или ее профилю, то рамку соединяют с контурной линией поверхности или ее продолжением, при этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (рисунок 331).

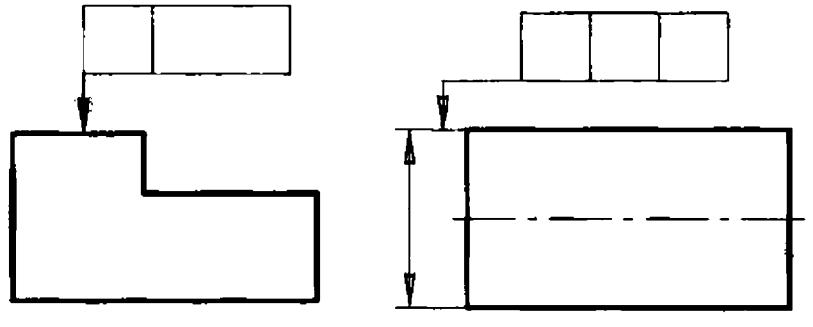


Рисунок 331

Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линией (рисунок 332).

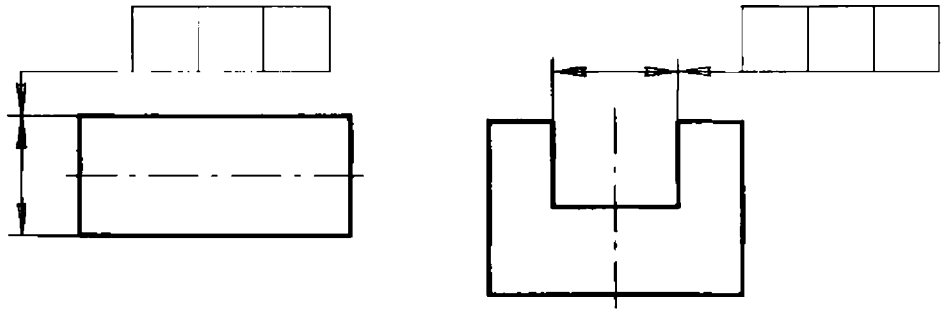


Рисунок 332

Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют при помощи соединительной линии с рамкой. Треугольник должен быть равносторонним, высотой равной размеру шрифта размерных чисел. Если базой является поверхность или ее профиль, то основание треугольника располагают на контурной линии поверхности или на ее продолжении. При этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (рисунок 333).

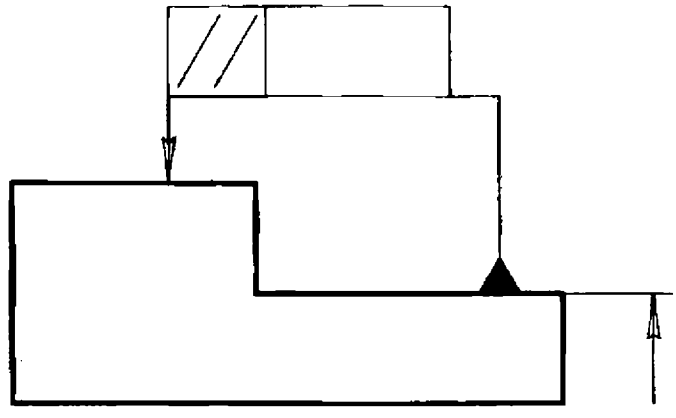


Рисунок 333

Если базой является ось или плоскость симметрии, то треугольник располагают на конце размерной линии (рисунок 334).

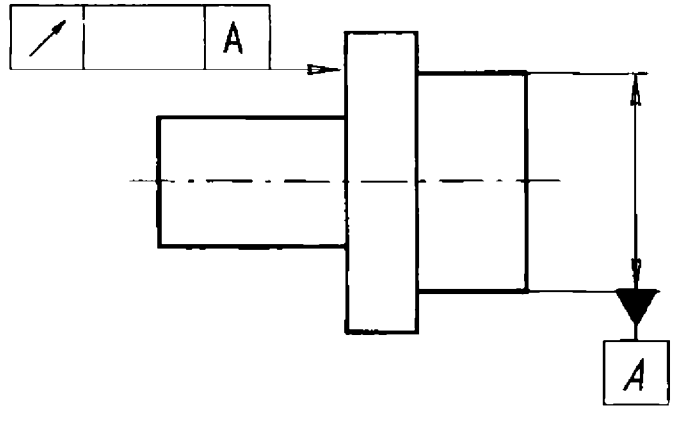


Рисунок 334

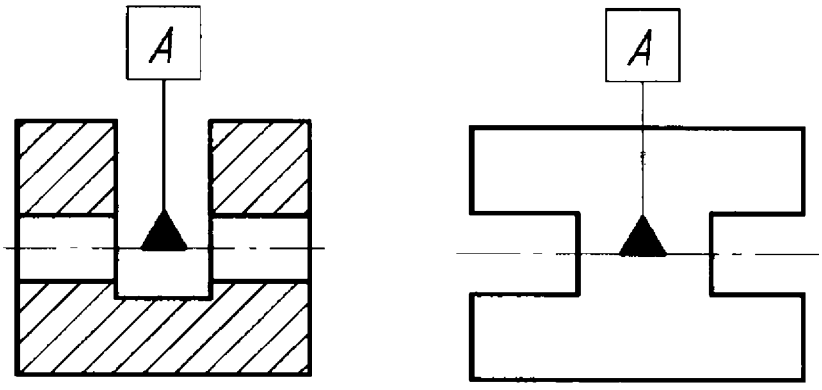


Рисунок 335

Если базой является общая ось или плоскость симметрии и из чертежа ясно, для каких поверхностей ось (плоскость симметрии) является общей, то треугольник располагают на оси (рисунок 335).

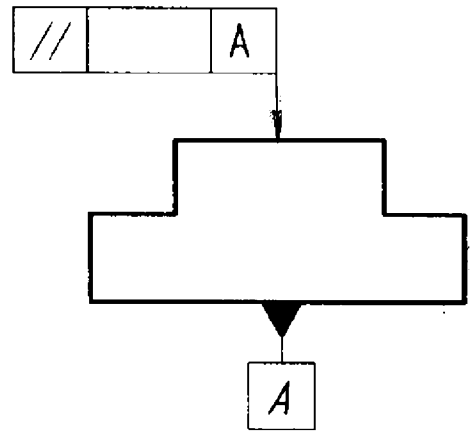


Рисунок 336

Если соединение рамки с базой или другой поверхностью, к которой относится отклонение расположения, затруднительно, то поверхность обозначают прописной буквой, вписываемой в третью часть рамки. Эту же букву вписывают в рамку, которую соединяют с обозначаемой поверхностью линией, заканчивающейся треугольником, если обозначают базу (рисунок 336).

Вопросы для самопроверки

1. Какие детали называются взаимозаменяемыми?
2. Что называется допуском размера?
3. Что называется предельным отклонением размера?
4. Что называется зазором и натягом при соединении деталей?
5. Какие виды посадок при соединении деталей Вы знаете?
6. Как располагаются поля допусков размеров деталей в системе отверстия?
7. На какие группы делятся допуски формы и расположения поверхностей?

3.24 Обозначение шероховатости поверхности

Рассматривая поверхность детали, можно заметить, что она не во всех местах одинаковая и имеет неровности в виде мелких выступов и впадин. Совокупность этих неровностей, образующих рельеф поверхности на определенной базовой длине *l*, с относительно малыми шагами, называется ***шероховатостью.***

Детали могут иметь различную шероховатость поверхностей, которая зависит от материала и технологического процесса изготовления деталей. На одних поверхностях деталей шероховатость видна даже невооруженным глазом, на других — только с помощью приборов.

Шероховатость поверхности является одной из основных характеристик качества поверхности детали и оказывает влияние на эксплуатационные показатели машин, станков, приборов. Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования.

Термины и определения основных понятий по шероховатости поверхности устанавливает ГОСТ 25142—82. Параметры и характеристики шероховатости поверхности устанавливает ГОСТ 2789—73.

ГОСТ 2.309—73 устанавливает обозначения шероховатости поверхностей и правила нанесения их на чертежах изделий.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рисунке 337.

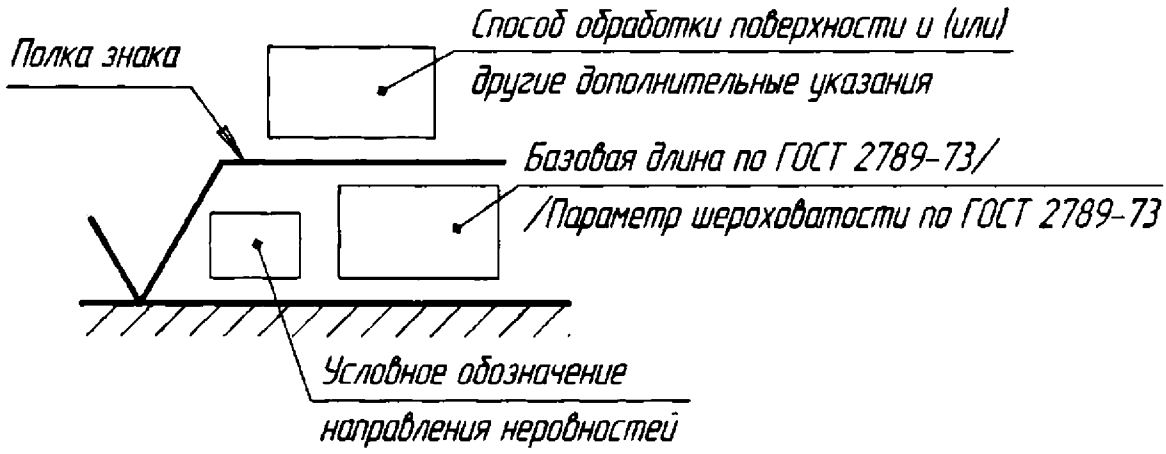


Рисунок 337

При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки.

Шероховатость поверхности характеризуется одним из следующих параметров: средним арифметическим отклонением профиля (*Ra*) или высотой неровностей профиля по десяти точкам (*Rz*). Значения этих параметров определяются в пределах некоторого участка поверхности, длина которого называется базовой длиной (*l*).

Измерение величин, определяющих значение *Ra* и *Rz*, производится при помощи специальных приборов — профилометров.

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на рисунке 338.

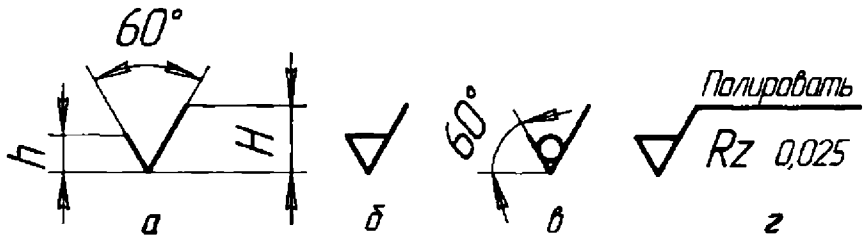


Рисунок 338

Высота h должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота H равна $(1,5...5)h$. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна основной линии, применяемой на чертеже. В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак, изображенный на рисунке 338, *а*. В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала, применяют знак, изображенный на рисунке 338, *б*. В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, применяют знак, изображенный на рисунке 338, *в* с указанием значения параметра шероховатости. Поверхности детали, изготовляемой из материала определенного профиля и размера, не подлежащие по данному чертежу дополнительной обработке, должны быть отмечены знаком, изображенным на рисунке 338, *в* без указания параметра шероховатости и полки.

Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789—73 указывают в обозначении шероховатости, например: *Ra0,4*; *Rz50*. При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении приводят параметр шероховатости без предельных отклонений. Способ обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в случаях, когда он является единственным, применимым для получения требуемого качества поверхности (рисунок 338, *г*).

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. Допускается при недостатке места располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях (рисунок 339). Обозначение шероховатости поверхности, в которых знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рисунке 340.

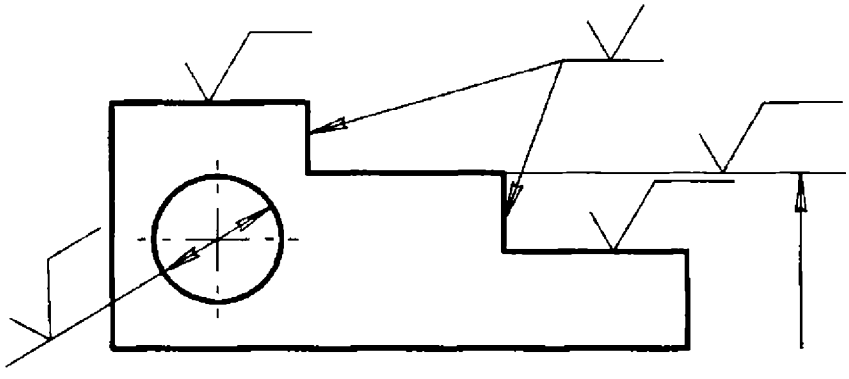


Рисунок 339

Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак не имеет полки, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рисунке 341.

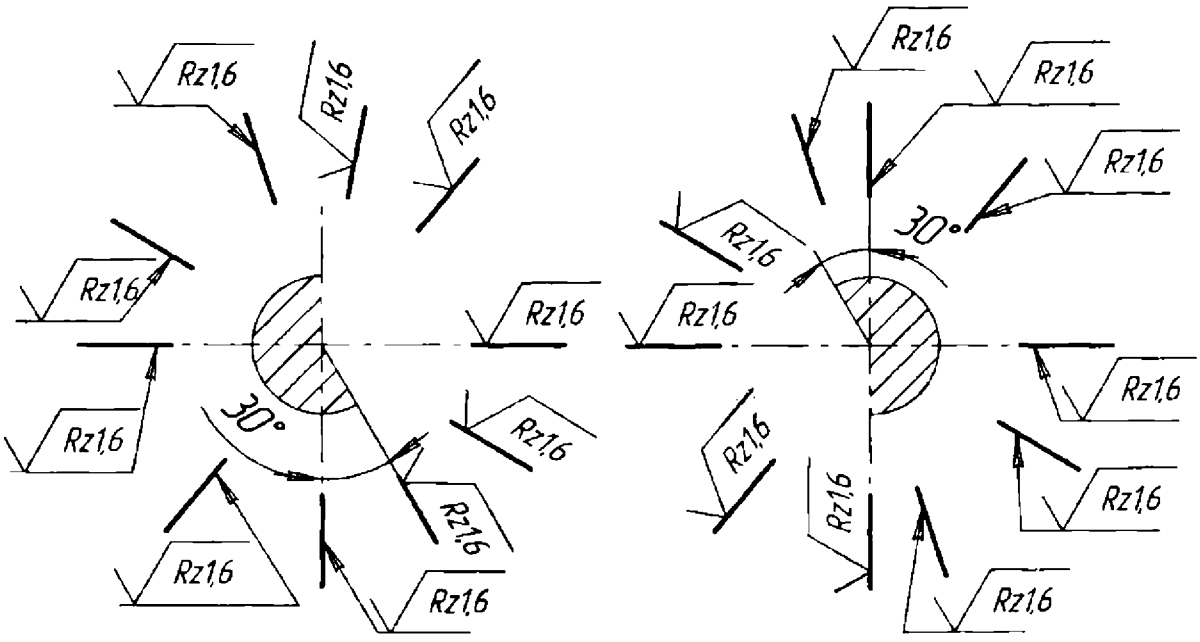


Рисунок 340

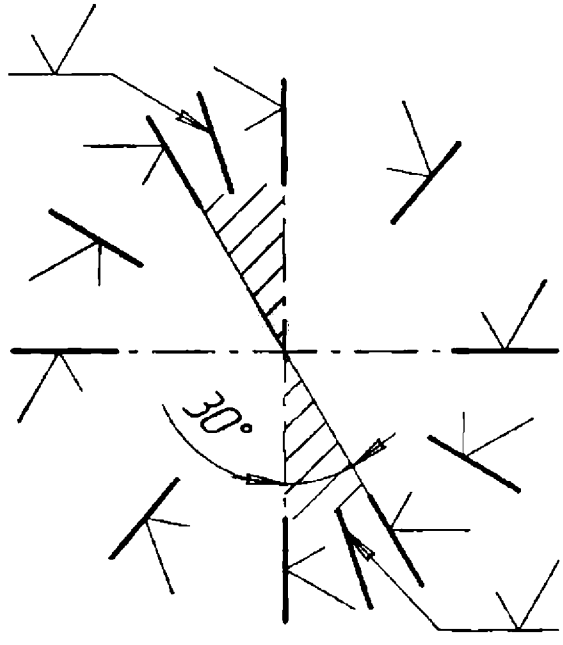


Рисунок 341

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рисунок 342, *а*). Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, может быть помещено в правом верхнем углу чертежа, вместе с условным обозначением ($\sqrt{}$), как показано на рисунке 342, *б*. Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены

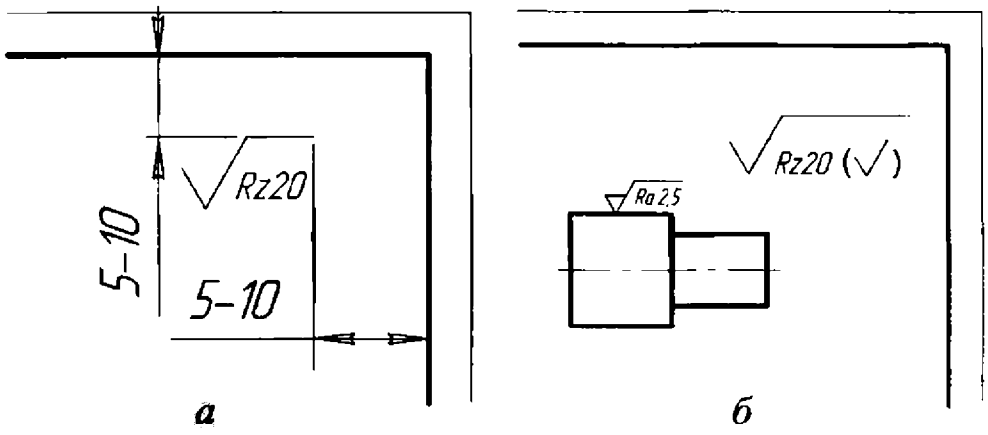


Рисунок 342

обозначения шероховатости или знак $\sqrt{}$, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением $(\sqrt{})$. Размеры знака, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображении. Обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз, независимо от числа изображений. Обозначения шероховатости симметрично расположенных элементов симметричных изделий наносят один раз.

Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), количество которых указано на чертеже, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз, независимо от числа изображений. Обозначение шероховатости симметрично расположенных элементов симметричных изделий наносят один раз.

Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят один раз в соответствии с рисунком 343. Диаметр вспомогательного знака «О» — 4...5 мм.

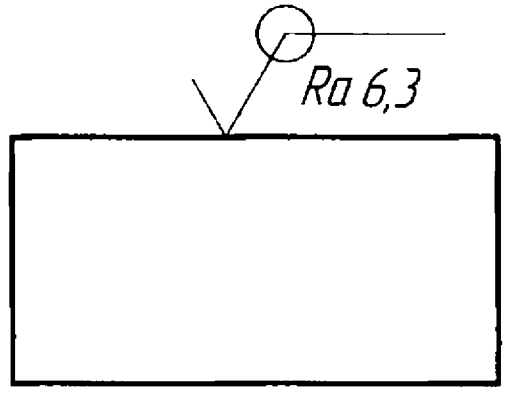


Рисунок 343

Среднее арифметическое отклонение профиля *Ra* должно выбираться из ряда: ***100***; 80; 63; ***50***; 40; 32; ***25***; 20; 16; ***12,5***; 10; 8; ***6,3***; 5; 4; ***3,2***; 2,5; 2; ***1,6***; 1,25; 1,0; ***0,8***; 0,63; 0,5; ***0,4***; 0,32; 0,25; ***0,2***; 0,16; 0,125; ***0,1***; 0,08; 0,063; ***0,05***; 0,04; 0,032; ***0,025***; 0,02; 0,016; ***0,012***; 0,01; 0,008. Предпочтительные значения параметров выделены.

Высота неровностей профиля по 10 точкам *Rz* должна выбираться из ряда: 1600; 1250; 1000; 800; 630; 500; ***400***; 320; 250; ***200***; 160; 125; ***100***; 80; 63; ***50***; 40; 32; ***25***; 20; 16; ***12,5***; 10; 8,0; ***6,3***; 5,0; 4,0; ***3,2***; 2,5; 2,0; ***1,6***; 1,25; 1,0; ***0,8***; 0,63; 0,5; ***0,4***; 0,32; 0,25; ***0,2***; 0,16; 0,125; ***0,1***; 0,08; 0,063; ***0,05***; 0,04; 0,032, ***0,025***. Предпочтительные значения параметров выделены.

Шероховатость поверхности зависит от свойств обрабатываемого материала, от инструмента, которым ведется обработка поверхности, а также от технологического процесса и режима выполнения той или иной операции обработки. Таблица 35 ориентировочно иллюстрирует шероховатость поверхностей, получаемую в результате различных технологических процессов их обработки.

Таблица 35 — Шероховатость поверхностей при различных видах обработки

Поверхность	Вид формообразования	Материал	Шероховатость поверхностей
Плоские наружные поверхности	Строгание	Сталь, чугун	*Rz*160; *Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
		Латунь, алюминий	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
	Фрезерование цилиндрическое	Сталь, чугун	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
		Алюминий	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5
		Титан	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
	Фрезерование торцевое	Сталь, чугун	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
		Латунь, бронза, алюминий	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Титан	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
	Шлифование плоское	Сталь	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63; *Ra*0,32
	Опиловка слесарная	Сталь, чугун	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
Плоские внутренние поверхности	Строгание	Сталь	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20
		Чугун	*Rz*160; *Rz*80; *Rz*40; *Rz*20
		Латунь, бронза, алюминий	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
	Фрезерование	Сталь, чугун	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20
		Латунь, бронза, алюминий	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
		Титан	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
	Опиловка слесарная	Сталь, чугун	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5
		Цветные сплавы	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25

Продолжение таблицы 35

Поверхность	Вид формообразования	Материал	Шероховатость поверхностей
	Шлифование	Сталь, чугун	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
		Латунь, бронза, алюминий	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63; *Ra*0,32
		Титан	*Ra*2,5; *Ra*1,25
	Полировка пастой	Сталь, чугун, цветные сплавы	*Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63; *Ra*0,32; *Ra*0,16
Наружные поверхности тел вращения	Точение	Сталь, чугун	*Rz*160; *Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63; *Ra*0,32
		Латунь, бронза	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Алюминий	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Титан	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
	Торцевое точение	Сталь, латунь, бронза	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Алюминий	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5
		Титан	*Rz*20; *Ra*2,5
Наружные поверхности тел вращения	Шлифование	Сталь	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Чугун	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63; *Ra*0,32
		Латунь, бронза, алюминий	*Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63; *Ra*0,32
		Титан	*Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
Внутренние поверхности тел вращения	Сверление	Сталь, чугун	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20
		Латунь, бронза	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5
		Алюминий, титан	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20
	Растачивание	Сталь	*Rz*160; *Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
		Чугун	*Rz*160; *Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5
		Латунь, бронза	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Алюминий	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Титан	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5
	Шлифование	Сталь	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Чугун	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63

Продолжение таблицы 35

Поверхность	Вид формообразования	Материал	Шероховатость поверхностей
		Латунь, бронза	*Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
		Алюминий	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63; *Ra*0,32
		Титан	*Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
Нарезание резьбы	Резцами	Сталь, цветные сплавы	*Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
	Плашками, метчиками	Сталь, цветные сплавы	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5
	Фрезами	Сталь, цветные сплавы	*Rz*20; *Ra*2,5
Литье	В песчаную форму	Сталь, чугун, алюминиевые сплавы	*Rz*320; *Rz*160; *Rz*80; *Rz*40
	В металлическую форму	Чугун, бронза, алюминий	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20
	По выплавляемым моделям, под давлением	Чугун, алюминиевые сплавы	*Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25
Штамповка	Объемная	Сталь, цветные сплавы	*Rz*80; *Rz*40; *Rz*20; *Ra*2,5; *Ra*1,25; *Ra*0,63
	Холодная	Сталь	*Rz*160; *Rz*80; *Rz*40; *Rz*20

Вопросы для самопроверки

1. Чем измеряется шероховатость поверхности?
2. Какими параметрами характеризуется шероховатость поверхности?
3. Как обозначается на чертежах шероховатость поверхностей?

3.25 Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки

Покрытия наносят на поверхность детали для повышения ее прочности и долговечности, защиты от коррозии и разрушительного действия среды воды, кислот и т. п., в которой она работает, а также от преждевременного износа. В основном покрытия выполняют гальваническим и химическим способами.

ГОСТ 2.310—68 устанавливает правила нанесения на чертежах изделий обозначений покрытий (защитных, декоративных, электроизоляционных, износоустойчивых и т. п.), а также показателей свойств материалов, получаемых в результате термической и других видов обработки (химико-термической, наклепа и т. п.).

Обозначение покрытия — по ГОСТ 9.306—85, ГОСТ 9.032—74, или отраслевому стандарту, или все данные, необходимые для выполнения нестандартизованного покрытия, приводят в технических требованиях чертежа после слова «Покрытие».

В технических требованиях чертежа после обозначения покрытия приводят данные о материале покрытия (марку и обозначение стандарта или технических условий), указанных в обозначении.

Если на все поверхности изделия должно быть нанесено одно и то же покрытие, то запись делают по типу «Покрытие...».

Если должны быть нанесены покрытия на поверхности, которые можно обозначить буквами или однозначно определить (наружная или внутренняя поверхности и т. п.), то запись делают по типу: «Покрытие поверхностей *А*...»; «Покрытие наружных поверхностей...».

При нанесении одинакового покрытия на несколько поверхностей их обозначают одной буквой и запись делают по типу: «Покрытие поверхностей *А*...» (рисунок 344).

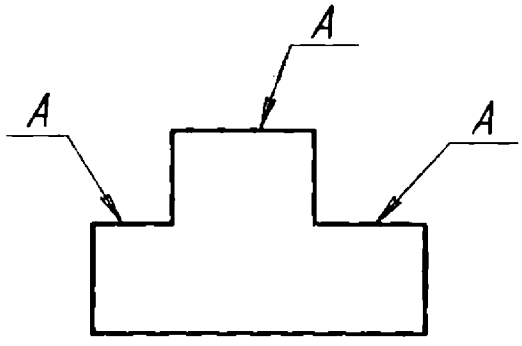


Рисунок 344

При нанесении различных покрытий на несколько поверхностей изделия их обозначают разными буквами (рисунок 345) и запись делают по типу: «Покрытие поверхности *А*..., поверхностей *Б*...».

Если одно и то же покрытие наносят на большое количество поверхностей изделия, а на остальные поверхности наносят другое покрытие или их оставляют без покрытия, то последние обозначают буквами (рисунок 346) и запись делают по типу: «Покрытие поверхности *А*..., остальных...» или «Покрытие..., кроме поверхности *А*».

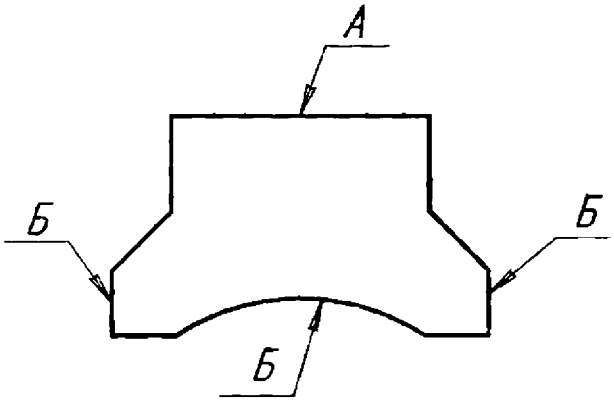


Рисунок 345

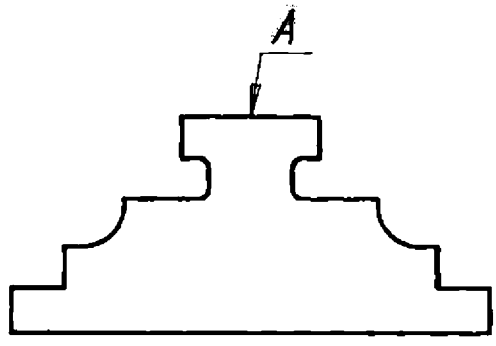


Рисунок 346

Если необходимо нанести покрытие на поверхность сложной конфигурации или на часть поверхности, которую нельзя однозначно определить, то такие поверхности обводят штрих-пунктирной утолщенной линией на расстоянии 0,8...1 мм от контурной линии, обозначают их одной буквой и проставляют размеры, определяющие положение этих поверхностей; запись делают по типу: «Покрытие поверхности *А*...» (рисунок 347).

Размеры, определяющие положение поверхности, на которую должно быть нанесено покрытие, допускается не проставлять, если они ясны из чертежа. Участки поверхности, подлежащие покрытию, отмечают, как показано на рисунке 348 с указанием размеров, определяющих положение этих участков.

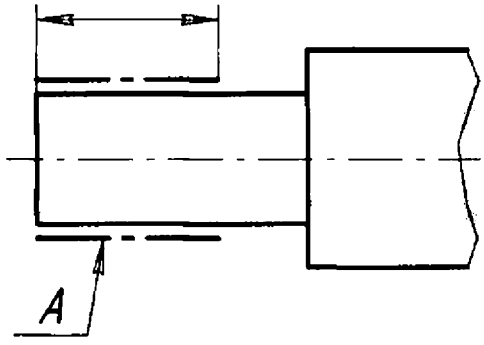


Рисунок 347

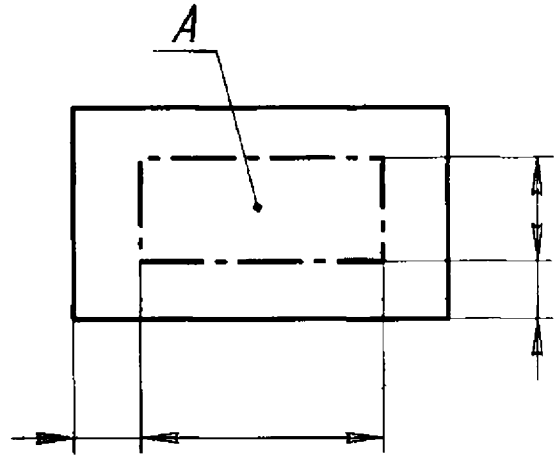


Рисунок 348

На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают показатели свойств материалов, полученных в результате обработки, например: твердость (HRCэ, HRB, HRA, HB, HV), предел прочности ($\sigma_в$), предел упругости ($\sigma_у$), ударная вязкость ($a_к$) и т. п.

Глубину обработки обозначают буквой *h*.

Величины глубины обработки и твердости материалов на чертежах указывают предельными значениями: «от...до», например: *h* 0,7...0,9; 40...45 HRCэ.

Допускается на чертежах указывать виды обработки, результаты которых не подвергаются контролю, например отжиг. В этих случаях наименование обработки указывают словами или условными сокращениями (рисунок 349).

Если все изделие подвергают одному виду обработки, то в технических требованиях делают запись: «40...45 HRCэ», или «Цементировать *h* 0,7...0,9 мм; 58...62 HRCэ», или «Отжечь» и т. п.

Если большую часть поверхности изделия подвергают одному виду обработки, а остальные поверхности — другому виду обработки или предохраняют от нее, то в технических требованиях делают запись по типу:

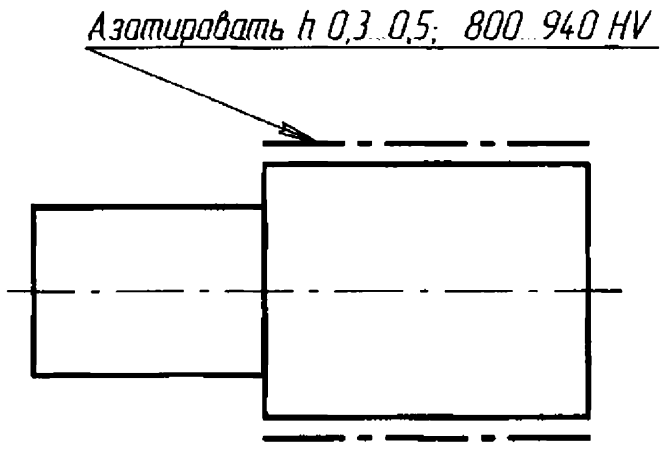


Рисунок 349

«40...45 HRCэ, кроме поверхности *А*» (рисунок 350) или «30...35 HRCэ, кроме места, обозначенного особо» (рисунок 351).

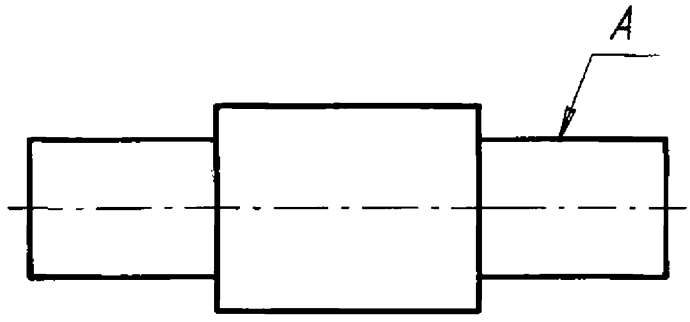


Рисунок 350

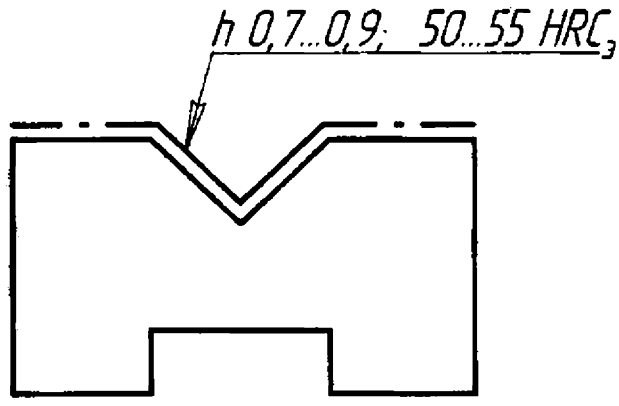


Рисунок 351

ГОСТ 9.303—84 устанавливает общие требования к выбору металлических и неметаллических неорганических покрытий деталей, наносимых химическим, электрохимическим и горячим способами. При выборе покрытий следует учитывать: назначение детали, назначение покрытия, условия эксплуатации детали с покрытием по ГОСТ 15150—69, материал детали, свойства покрытия и его влияние на механические и другие характеристики материала детали, способ получения покрытия, экономическую целесообразность.

ГОСТ 9.306—85 устанавливает обозначения металлических и неметаллических неорганических покрытий в технической документации:

способов обработки основного металла, способов получения покрытия, материала покрытий, состоящего из металла, покрытий сплавами, функциональных свойств покрытий, декоративных свойств покрытий, дополнительной обработки покрытий.

Обозначения материала покрытия, состоящего из металла, приведены в таблице 36.

Таблица 36

Наименование металла покрытия	Обозначение	Наименование металла покрытия	Обозначение	Наименование металла покрытия	Обозначение
Алюминий	А	Медь	М	Кобальт	Ко
Висмут	Ви	Никель	Н	Свинец	С
Вольфрам	В	Олово	О	Серебро	Ср
Железо	Ж	Палладий	Пд	Сурьма	Су
Золото	Зл	Платина	Пл	Титан	Ти
Индий	Ин	Рений	Ре	Хром	Х
Иридий	Ир	Родий	Рд	Цинк	Ц
Кадмий	Кд	Рутений	Ру		

Порядок обозначения покрытия в технической документации:

- обозначение способа обработки основного металла (при необходимости);
- обозначение способа покрытия;
- обозначение материала покрытия;
- минимальная толщина покрытия;
- обозначение электролита (раствора), из которого требуется получить покрытие (при необходимости);
- обозначение функциональных или декоративных свойств покрытия (при необходимости);
- обозначение дополнительной обработки (при необходимости).

В обозначении покрытия не обязательно наличие всех перечисленных составляющих. Допускается в обозначении покрытия указывать способ получения, материал и толщину покрытия, при этом остальные составляющие условного обозначения указывают в технических требованиях чертежа. Запись обозначения покрытия производят в строчку. Все составляющие обозначения отделяют друг от друга точками. Обозначение способа получения и материала покрытия следует писать с прописной буквы, остальных составляющих — со строчных.

Примеры записи обозначений некоторых покрытий приведены в таблице 37.

Таблица 37

Покрытие	Обозначение
Цинковое толщиной 6 мкм, с бесцветным хроматированием	Ц6.хр.бцв
Кадмиевое толщиной 3 мкм, с подслоем никеля толщиной 9 мкм, с последующей термообработкой, хроматированное	Н9.Кд3.т.хр
Никелевое толщиной 15 мкм, блестящее, получаемое из электролита с блескообразователем	Н6.15
Хромовое толщиной 1 мкм, блестящее с подслоем меди толщиной 30 мкм и трехслойного никеля толщиной 15 мкм	М30.Нт15.Х.б
Химическое фосфатное, пропитанное маслом	Хим. Фос.прм
Горячее покрытие, получаемое из припоя ПОС-61	Гор.ПОС-61
Анодно-окисное, получаемое в электролите, содержащем хромовый ангидрид	Ан.Окс.хром
Химическое окисное электропроводное	Хим.Окс.Э

Обозначение лакокрасочных покрытий в технической документации определяет ГОСТ 9.032—74.

Обозначение покрытия записывают в следующем порядке:

- обозначение лакокрасочного материала внешнего слоя покрытия по ГОСТ 9825—73;
- класс покрытия по таблице 2 ГОСТ 9.032—74;
- обозначение условий эксплуатации по ГОСТ 9.104—79 и по таблице 1 ГОСТ 9.032—74. Примеры обозначения покрытий приведены в таблице 38.

Таблица 38 — Примеры обозначения лакокрасочных покрытий

Обозначение покрытия	Характеристика покрытия
Эмаль МЛ-152 синяя II. VI	Покрытие синей эмалью МЛ-152 по II классу, эксплуатирующееся на открытом воздухе умеренного микроклиматического района
Эмаль ХС-710 серая Лак ХС-76. IV. 7/2	Покрытие серой эмалью ХС-710 с последующей лакировкой лаком ХС-76 по IV классу, эксплуатирующееся при воздействии растворов кислот
Эмаль ХВ-124 голубая V. 7/1-Т2	Покрытие голубой эмалью ХВ-124 по V классу, эксплуатирующееся под навесом в атмосфере, загрязненной газами химических и других производств, в условиях тропического сухого микроклиматического района

Вопросы для самопроверки

1. Назовите виды покрытий изделий.
2. Какой линией обозначается на чертеже место нанесения покрытия на поверхности изделия?
3. Какими буквами на чертеже обозначаются металлические покрытия?

3.26 Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц

Чертеж детали содержит ряд технических указаний, характеризующих свойства и особенности детали в окончательном виде.

Одни технические указания записывают на чертежах условными графическими обозначениями (условными знаками), другие выполняют условными надписями или точными и краткими пояснительными текстовыми подписями.

Чтобы быстро ориентироваться в чертежах, быстро прочитывать их, необходимо знать, в каком месте чертежа размещают текстовые технические указания.

ГОСТ 2.316—68 устанавливает правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на чертежи изделий.

Кроме изображения предмета с размерами и предельными отклонениями, чертеж может содержать:

- текстовую часть, состоящую из технических требований и (или) технических характеристик;
- надписи с обозначением изображений, а также относящиеся к отдельным элементам изделия;
- таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями, условными изображениями и т. д.

Выполнение основной надписи чертежа должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104—68 и ГОСТ 2.109—73.

Текстовую часть, надписи и таблицы включают в чертеж в тех случаях, когда содержащиеся в них данные, указания и разъяснения невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями.

Содержание текста и надписей должно быть точным, кратким, четко определяющим сущность их содержания.

В надписях на чертежах не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых, а также установленных в стандартах. Около изображений на полках линий-выносок наносят только краткие надписи, относящиеся непосредственно к изображению предмета.

Линию-выноску, пересекающую контур изображения и не отводимую от какой-либо линии заканчивают точкой (рисунок 352).

Линию-выноску, отводимую от линий видимого и невидимого контура, а также от линий, обозначающих поверхности, заканчивают стрелкой (рисунок 353).

На конце линии-выноски, отводимой от всех других линий не должно быть ни стрелки, ни точки (рисунок 354).

Линии-выноски должны не пересекаться между собой, быть непараллельными линиям штриховки (если линия-выноска проходит по заштрихованному полю) и не пересекать, по возможности, размерные ли-

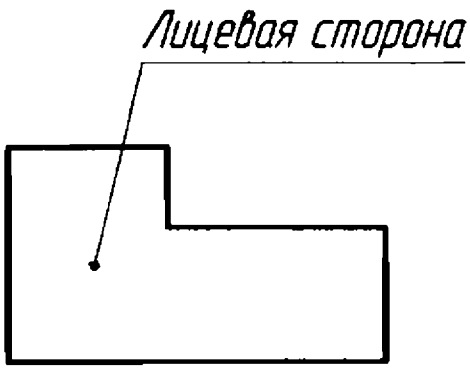


Рисунок 352

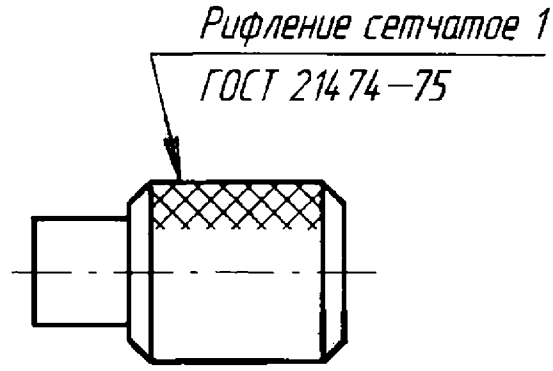


Рисунок 353

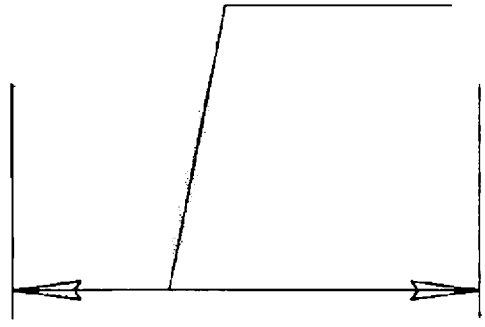


Рисунок 354

нии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись.

Допускается выполнять линии-выноски с одним изломом (рисунок 355), а также проводить от одной полки две и более линии-выноски (рисунок 356).

Надписи, относящиеся непосредственно к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней.

Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью.

Между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать изображения, таблицы и т. п. Ширина колонки текста долж-

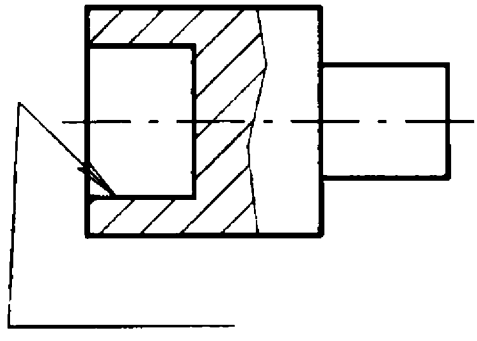


Рисунок 355

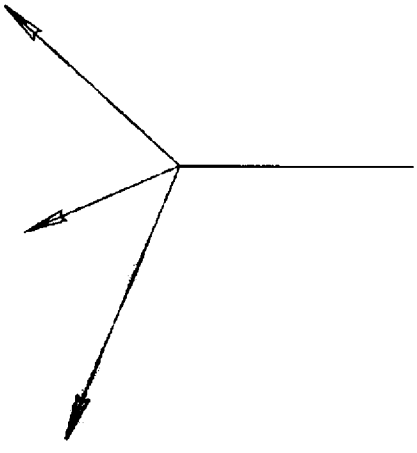


Рисунок 356

на быть не более 185 мм. На чертеже изделия, для которого стандартом установлена таблица параметров (например, зубчатого колеса, червяка и т. п.), ее помещают по правилам, установленным соответствующим стандартом. Все другие таблицы размещают на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполняют по ГОСТ 2.105—95.

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования, по возможности в следующей последовательности:

- требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали (электрические, магнитные, диэлектрические, твердость, влажность, гигроскопичность и т. д.), указание материалов-заменителей;
- размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, массы и т. п.;
- требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;
- зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;
- требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;
- другие требования к качеству изделий;
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировке и клеймении;
- правила транспортирования и хранения;
- особые условия эксплуатации;
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт технических требований записывают с новой строки. Заголовок «Технические требования» не пишут.

В случае, если необходимо указать техническую характеристику изделия, ее размещают отдельно от технических требований, с самостоятельной нумерацией пунктов, на свободном поле чертежа под заголовком «Техническая характеристика». При этом над техническими требованиями помещают заголовок «Технические требования». Оба заголовка не подчеркивают.

Для обозначения на чертеже изображений (видов, разрезов, сечений), поверхностей, размеров и других элементов изделия применяют прописные буквы русского алфавита, за исключением букв Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь.

Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и, как правило, без пропусков, независимо от количества листов чертежа. Предпочтительно обозначать сначала изображения.

В случае недостатка букв применяют цифровую индексацию, например: «Б—Б»; «$Б_1$—$Б_1$»; «$Б_2$—$Б_2$». Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в два раза.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают непосредственно после надписи, относящейся к изображению, например: Б(5:1); А(2:1).

Таблицы, помещенные на чертеже, нумеруют в пределах чертежа при наличии ссылок на них в технических требованиях. При этом над таблицей справа ставят слово «Таблица» с порядковым номером (без знака №). Если на чертеже только одна таблица, то ее не нумеруют и слово «Таблица» не пишут.

Перечень допускаемых сокращений слов, применяемых в основных надписях, технических требованиях и таблицах на чертежах и спецификациях приведен в таблице 39.

Таблица 39 — Перечень допускаемых сокращений слов

Полное наименование	Сокращение	Полное наименование	Сокращение
Без чертежа	БЧ	Отверстие	отв.
Ведущий	Вед.*	Относительно	относит.
Верхнее отклонение	верхн. откл.	Отдел	отд.*
Взамен	взам.	Отклонение	откл.
Внутренний	внутр.	Плоскость	плоск.
Главный	Гл.*	Поверхность	поверхн.
Глубина	глуб.	Подлинник	подл.
Деталь	дет.	Подпись	подп.
Длина	дл.	Позиция	поз.
Документ	докум.	Покупка, покупной	покуп.
Дубликат	дубл.	По порядку	п/п
Заготовка	загот.	Правый	прав.
Зенковать	зенк.	Предельное отклонение	пред. откл.
Извещение	изв.	Приложение	прилож.
Изменение	изм.	Примечание	примеч.
Инвентарный	инв.	Проверил	Пров.*
Инженер	Инж.*	Пункт	п.
Инструмент	инстр.	Пункты	пп.

Продолжение таблицы 39

Полное наименование	Сокращение	Полное наименование	Сокращение
Класс (точности)	кл.	Разработал	Разраб.*
Количество	кол.	Рассчитал	Рассч.*
Конический	конич.	Регистрация	регистр.
Конструктор	Констр.*	Руководитель	Рук.*
Конструкторское бюро	КБ*	Сборочный чертеж	сб.черт.
Конструкторский отдел	КО*	Свыше	св.
Конусность	конусн.	Сечение	сеч.
Лаборатория	лаб.*	Специальный	спец.
Левый	лев.	Спецификация	специф.
Литера	лит.	Справочный	справ.
Металлический	металл.	Стандарт	станд.
Механик	Мех.*	Страница	стр.
Наибольший	наиб.	Таблица	табл.
Наименьший	наим.	Твердость	тв.
Наружный	нар.	Теоретический	теор.
Начальник	Нач.*	Технические требования	ТТ
Нормоконтроль	Н. контр.	Технические условия	ТУ
Нижнее отклонение	нижн. откл.	Техническое задание	ТЗ
Номинальный	номин.	Технолог	Техн.*
Обеспечить	обеспеч.	Технологический контроль	Т.контр.*
Обработка	обраб.	Ток высокой частоты	ТВЧ
Толщина	толщ.	Цементировать	цемент.
Точный	точн.	Центр масс	Ц.М.
Утвердил	Утв.*	Цилиндрический	цилиндр.
Условное давление	усл. давл.	Чертеж	черт.
Условный проход	усл. прох.	Шероховатость	шерох.
Химический	хим.	Экземпляр	экз.

Примечание:
Сокращения, отмеченные знаком «*», применяются только в основной надписи.

3.27 Обозначение материалов на чертежах изделий

В машиностроении для изготовления деталей применяется большое количество различных видов материалов — металлы, их сплавы, а также неметаллические материалы — полимеры (пластмассы), резина, древесина и др.

От правильного выбора материалов для составных частей изделия зависят его качество, надежность, работоспособность и стоимость.

Назначая материалы, конструктор должен учитывать условия, в которых будет работать изделие: климат, рабочее давление, наличие агрессивных сред, а также стремиться к минимальной материалоемкости изделия.

Химический состав и физико-механические свойства материалов, области их применения и условные обозначения устанавливают стандарты.

На чертежах деталей должно быть указано обозначение материала, из которого изготовляется деталь. Обозначение материала устанавливается стандартом или техническими условиями, по которым выпускается данный материал.

Обозначение материала помещается в основной надписи чертежа и в общем случае должно содержать наименование материала, марку и номер стандарта или технических условий, например: *сталь 45 ГОСТ 1050—88.*

Если в условное обозначение материала входит сокращенное наименование данного материала «Ст», «СЧ», «КЧ», «Бр» и другие, то полные наименования «Сталь», «Серый чугун», «Ковкий чугун», «Бронза» и другие на чертеже не указывают, например: *Ст3 ГОСТ 380—88.*

Если деталь, исходя, из предъявленных к ней конструктивных, технологических и эксплуатационных требований, должна быть изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера, то материал такой детали записывают в соответствии с присвоенным ему в стандарте на сортамент обозначением, например:

$$\text{Круг}\ \frac{40\ \text{ГОСТ}\ 1133-71}{\text{У10}\ \text{ГОСТ}\ 1435-90}$$

В числителе такой записи указывают сортамент материала (в данном примере круг диаметром 40 мм), в знаменателе указывают химический состав материала (углеродистая нелегированная инструментальная сталь У10).

Сталь по химическому составу подразделяется на углеродистую и легированную, а по назначению — на конструкционную и инструментальную. Сталь представляет собой сплав железа с углеродом и другими

химическими элементами, которые в марках стали условно обозначаются буквами: Х — хром; Г — марганец; Н — никель; В — вольфрам; М — молибден; Ю — алюминий; С — кремний; Т — титан.

Ниже приводятся некоторые сведения о материалах, которые встречаются в процессе оформления чертежей, выполняемых при изучении курса инженерной графики.

Углеродистая сталь обыкновенного качества (ГОСТ 380—88) широко применяется в машиностроении. Марки стали обозначают:

- Ст0 — неответственные строительные конструкции, шайбы, кожухи;
- Ст1 — малонагруженные детали металлоконструкций, шайбы, шплинты, прокладки;
- Ст2 — детали металлоконструкций, рамы, оси, валики;
- Ст3 — цементируемые детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины (кольца, цилиндры);
- Ст4 — детали с невысокими требованиями к прочности (валы, пальцы, тяги, крюки, гайки);
- Ст5 — детали с повышенными требованиями к прочности (валы, оси, звездочки, зубчатые колеса, шатуны, крепежные детали);
- Ст6 — детали с высокой прочностью (валы, оси, шпиндели, муфты, шатуны).

Цифры в обозначении марок стали указывают условный номер марки стали в зависимости от химического состава.

Пример условного обозначения: *Ст3 ГОСТ 380—88.*

Углеродистая качественная конструкционная сталь (ГОСТ 1050—88). Число, обозначающее марку стали, указывает среднее содержание углерода в сотых долях процента. Из этой стали изготавливают детали с повышенными требованиями к прочности.

Марки стали обозначают:

- 08кп (кипящая), 08, 08пс (полуспокойная), 10кп, 10, 10пс, 15кп, 15, 15пс — зубчатые колеса коробок скоростей, грузоподъемные кованые крюки, кулачки;
- 20кп, 20, 20пс, 25, 30 — оси и рычаги коробок скоростей и тормозов, валики, ролики, упоры, муфты, шпонки, фланцы;
- 35, 40, 45 — рукоятки, ступицы, гаечные ключи, фланцы, диски, штифты;
- 50, 55, 58, 60 — коленчатые и карданные валы, шлицевые валы, шатуны, рейки, поршни, фиксаторы, втулки, вилки.

Чем больше число в марке стали, тем выше ее прочностные свойства.

Пример условного обозначения: *Сталь 45 ГОСТ 1050—88.*

Сталь нелегированная инструментальная (ГОСТ 1435—90). В обозначение марки стали входит буква У и число, указывающее содержание углерода в десятых долях процента. Из этой стали изготавливают инструмент. Марки этой стали обозначают: У7, У7А, У8, У8А, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13.

Буква Г указывает на повышенное содержание в стали марганца.

Для высококачественных сталей к указанным обозначениям добавляется буква А.

Пример условного обозначения: *Сталь У8 ГОСТ 1435—90.*

Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71) применяется для изготовления деталей, к которым предъявляются повышенные требования в отношении прочности, износа коррозии и других свойств. Хромистую сталь обозначают так же, как качественную, но с добавлением букв Х или ХН: 15Х, 15ХА (высококачественная), 20Х, 30Х, 35Х, 38Х, 40Х, 45Х, 50Х, 20ХН (хромоникелевая сталь), 40ХН и т. д.

Буквами Х и Н в марке стали обозначены добавки хрома и никеля соответственно.

Пример обозначения: *Сталь 20Х ГОСТ 4543—71.*

Чугун — представляет железоуглеродистый сплав, имеет несколько видов, выпускается по соответствующим стандартам: серый чугун (ГОСТ 1412—85), ковкий чугун (ГОСТ 1215—79), высокопрочный чугун (ГОСТ 7293—85), антифрикционный чугун (ГОСТ 1585—85).

В условное обозначение чугуна входят буквы, которые указывают вид чугуна, например: серый чугун — СЧ; ковкий чугун — КЧ; высокопрочный чугун — ВЧ; антифрикционный чугун — АЧС, АЧВ, АЧК.

Серый чугун по ГОСТ 1412—85 выпускается марок СЧ10, СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ35. Цифры обозначают минимальное временное сопротивление при растяжении в МПа 10^{-1}. Чем больше число, тем чугун тверже и прочнее на растяжение и изгиб.

Отливки из серого чугуна очень распространены. Так, чугун марок 10 и 15 применяют для слабо нагруженных деталей (крышки, кожухи и т. п.); марок 20—35 для станин металлорежущих станков.

Пример обозначения: *СЧ20 ГОСТ 1412—85.*

Ковкий чугун (ГОСТ 1215—79). Наиболее распространенные марки чугуна: КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12. Первые две цифры обозначают временное сопротивление разрыву в МПа 10^{-1}, вторые — относительное удлинение в процентах. Чем больше число, тем выше твердость.

Ковкий чугун применяют для изделий, работающих в условиях динамических нагрузок (муфты, шкивы, тормозные колодки, рукоятки, соединительные части трубопроводов и т. п.).

Пример обозначения: *КЧ60-3 ГОСТ 1215—79.*

Высокопрочный чугун (ГОСТ 7293—85) выпускается марок ВЧ35, ВЧ40, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100. Цифра марки обозначает минимальное временное сопротивление при растяжении в МПа 10^{-1}.

Высокопрочный чугун применяется для ответственных деталей сложной геометрической конфигурации (коленчатые валы, корпуса насосов, поршневые кольца и т. п.).

Пример обозначения: *ВЧ50 ГОСТ 7293—85.*

Антифрикционный чугун по ГОСТ 1585—85 выпускается марок АЧС-1, АЧС-3, АЧС-4, АЧС-6, АЧВ-1, АЧВ-2, АЧК-1, АЧК-2. Буквы в марке обозначают: АЧ — антифрикционный чугун, С — серый. В — высокопрочный, К — ковкий; цифра — порядковый номер марки.

Медь и медные сплавы отличаются высокой теплопроводностью, электропроводностью, коррозионной стойкостью, высокой температурой плавления. Хорошо обрабатываются давлением. Все медные сплавы хорошо паяются. Используются для изготовления труб, лент, проволоки, проводов, кабелей и др.

Латунь — медно-цинковый сплав с добавлением других металлов: олова, алюминия, никеля, марганца, свинца и др. Некоторые марки: Л63, Л70, ЛА77-2, ЛС59-1, ЛО62-1, ЛЖС58-11.

Латуни обозначаются буквой Л и цифрой, показывающей содержание меди в процентах. В специальных латунях после буквы Л пишут прописную букву дополнительных легирующих элементов и через тире после содержания меди указывают содержание легирующих элементов в процентах.

Из латуни изготавливают трубки, проволоку, листы, прутки. Латунь по сравнению с медью обладает более высокой прочностью и коррозионной стойкостью хорошо механически обрабатывается.

Пример обозначения: *Л63 ГОСТ 15527—70.*

Бронза — сплав меди с оловом с добавлением цинка, свинца, никеля (ГОСТ 613—79). По сравнению с латунью бронзы обладают более высокими прочностью, коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами. Они очень стойки на воздухе, в морской воде, растворах большинства органических кислот, углекислых растворах.

Марки оловянных бронз:
Бр06Ц6С3; Бр05Ц5С5; Бр04Ц4С1.

Пример обозначения: *БрО6Ц6С3 ГОСТ 613—79.*

Марки безоловянных бронз (ГОСТ 493—79):
БрА9Мц2Л; БрА10Ж3Мц2; БрА10Ж4Н4Л.

Марки специальных бронз (ГОСТ 18175—78):

БрА5; БрМц5; БрАЖН10-4-4; БрАМц9-2; БрАЖ9-4; БрБ2; БрБНТ1,9; БрКМц3-1; БрКд1; БрМ-0,3.

Пример обозначения: *БрА5 ГОСТ 18175—78.*

В приведенных примерах марок буквы обозначают: О — олово, Ц — цинк, С — свинец, Н — никель, А — алюминий, Ж — железо, Мц — марганец, Б — бериллий, Т — титан; цифры — среднее содержание элементов в процентах.

Основными компонентами ***алюминиевых сплавов*** являются кремний, медь, магний, цинк. По ГОСТ 1583—89 применяются литейные алюминиевые сплавы следующих марок: АК12, АК9ч, АК7ч, АК5м, АМ5 и др.; по ГОСТ 4784—74 применяются сплавы для ковки и штамповки: АД1, АМц, АМг1, АД31, АК8, АК6 и др.; сплавы высокой прочности называют ***дюралюмином*** и также применяются в штампованных деталях. Марки: Д1, Д16, Д18 и др.

Пример обозначения: *Сплав Д16 ГОСТ 4784—74.*

Неметаллические материалы. Существует значительное количество неметаллических материалов, которые успешно могут заменить металлы и их сплавы. Все более широкое применение получают различные виды пластмасс, которые благодаря своим особым физическим и механическим свойствам позволяют использовать их для литья под давлением, прессования, формовки из листов, сварки, склеивания и других технологических процессов изготовления деталей. Пластмассы подразделяют на две группы: термопластичные и термореактивные.

Термопластичные пластмассы при нагревании переходят из твердого состояния в жидкое (плавятся), причем после охлаждения они снова затвердевают. Пластмассы этой группы можно перерабатывать несколько раз без потерь их физико-механических свойств.

Термореактивные пластмассы при нагреве не плавятся и не размягчаются, а при достижении определенной температуры начинают обугливаться, поэтому эти пластмассы допускают только однократное изготовление из них деталей.

Текстолит — конструкционный материал широкого применения (шкивы, кронштейны, вилки, втулки, бесшумные зубчатые колеса). Изготавливается марок ПТ, ПТК, ПТМ и др.

Пример условного обозначения текстолита марки ПТК 1-го сорта, толщиной 20 мм: *Текстолит ПТК-20, сорт 1 ГОСТ 5—78Е.*

Фенопласты в зависимости от состава, свойств и назначения делятся на типы, группы и марки в соответствии с ГОСТ 5689—79. Из него изготавливают клапаны, наконечники, рукоятки, маховики.

Пример условного обозначения фенопласта группы Ж2, черного цвета, изготовленного на фенольной новолачной смоле 010 с наполнением 60: *Фенопласт Ж2-010-60 черный ГОСТ 5689—79.*

Листовой винипласт марок ВН, ВД6, ВНЭ по ГОСТ 9639—71 применяют для изготовления трубок, корпусов кранов и вентилей.

Пример условного обозначения листов марки. ВН, длиной 1300 мм, шириной 500 мм: *Лист винипласта ВН 1300 × 500 × 2,0 ГОСТ 9639—71.*

Фторопласт-4Д по ГОСТ 14906—77 выпускается марок Ш, Л, Т, У и применяют для изготовления манжет, прокладок, электротехнических изделий, вкладышей подшипников, работающих при повышенных температурах с минимальным трением.

Пример обозначения: *Ф-4Д Ш ГОСТ 14906—77.*

Полиэтилен низкого давления (ГОСТ 16338—85) применяют для изготовления клапанов, золотников, хозяйственных изделий. Наиболее распространенные марки: 20108-001, 20208-002, 20708-016, 271-70, 273-73, 276-75.

Пример обозначения: *Полиэтилен 21008-075 ГОСТ 16338—85.*

Гетинакс и стеклотекстолит фольгированный для производства печатных плат выпускается по ГОСТ 10316—78 с одно и двухсторонним нанесением фольги. Марки ГФ-1-35Г, ГФ-2-35Г, ГФ-1-50Г, ГФ-2-50Г, СФ-1-35Г, СФ-2-35Г, СФ-1-50Г, СФ-2-50Г.

Буквы в марке означают: ГФ — гетинакс фольгированный, СФ — стеклотекстолит фольгированный, цифра 1 — фольга с одной стороны, цифра 2 — фольга с двух сторон, цифры 35 или 50 — толщина слоя фольги в мкм.

Пример обозначения фольгированного стеклотекстолита двухстороннего, со слоем фольги толщиной 35 мкм, гальваностойкого, толщиною 1,5 мм, первого класса: *СФ-2-35Г-1.5 1кл. ГОСТ 10316—78.*

Пресс-материал АГ-4 применяют для изготовления прессованием различных деталей. Выпускают по ГОСТ 20437—89 марок В, В10, С и НС.

Пример обозначения: *Пресс-материал АГ-4 В ГОСТ 20437—89.*

Стекло оптическое бесцветное для производства оптических деталей выпускается по ГОСТ 3514—76. Марки: ЛК (легкий крон) — ЛК6, ЛК7; ФК (фосфотный крон) — ФК14, ТФК; К8, К108, К100; БК (баритовый крон) — БК6, БК106. БК8, БК108, БК10, БК110; ТК (тяжелый крон) — ТК2, ТК102, ТК14, ТК16, ТК20; СТК (сверхтяжелый крон); ОК; КФ (кронфлинт) — КФ4; БФ — БФ12, БФ112, БФ16, БФ24; ТБФ; ЛФ — ЛФ5, ЛФ105; Ф (флинт) — Ф1, Ф101, Ф104, Ф6; ТФ1, ТФ101, ТФ3; ОФ; СТФ.

Пример обозначения: *ТФ1 ГОСТ 3514—76.*

Стекло оптическое цветное для производства оптичесских деталей выпускается по ГОСТ 9411—91. Марки: УФС (ультрафиолетовое стекло) — УФС1, УФС6; ФС (фиолетовое стекло) —ФС6; СС (синее стекло) — СС2, СС4; СЗС (синезеленое стекло) — СЗС7, СЗС22; ЗС (зеленое стекло) — ЗС11; ЖЗС (желтозеленое стекло) — ЖЗС6, ЖЗС12; ЖС (желтое стекло) — ЖС12; ОС (оранжевое стекло) — ОС 13, ОС 17; КС (красное стекло) — КС 11, КС15; ИКС (инфракрасное стекло) — ИКС6; ПС (пурпурное стекло) — ПС5; НС (нейтральное стекло) — НС1, НС2, НС8; ТС (темное стекло) — ТС10; БС (бесцветное стекло) — БС3.

Пример обозначения: *УФС1 ГОСТ 9411—91.*

Стекло кварцевое оптическое для производства оптических деталей с особыми свойствами изготавливаются по ГОСТ 15130—86. Марки: КУ-1, КУ-2, КВ, КИ, КУВИ.

Пример обозначения: *Стекло кварцевое КВ ГОСТ 15130—86.*

3.28 Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.109—73 устанавливает основные требования к выполнению, чертежей деталей, сборочных, габаритных и монтажных чертежей на стадии разработки рабочей документации.

При разработке рабочих чертежей предусматривают оптимальное применение стандартных и покупных изделий, а также изделий, освоенных в производстве и соответствующих современному уровню техники, рационально ограниченную номенклатуру резьб, шлицев и других конструктивных элементов, их размеров, покрытий, марок материалов, наивыгоднейшие способы изготовления изделий.

На чертежах допускается давать ссылки на государственные, отраслевые стандарты и технические условия. Не допускается давать ссылки на отдельные пункты стандартов, технических условий. При необходимости на чертеже дают ссылку на весь документ или на отдельный его раздел.

На рабочих чертежах не допускается помещать технологические указания.

На чертежах применяют условные обозначения (знаки, линии, буквенные и буквенно-цифровые обозначения), установленные в государственных стандартах. Условные обозначения применяют без разъяснения их на чертеже и без указания номера стандарта.

На ***рабочем чертеже детали*** указывают размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхностей и другие данные, которым оно должно соответствовать перед сборкой. Размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей элементов изделия, получающиеся в

результате обработки в процессе сборки или после нее, указывают на сборочном чертеже.

На рабочих чертежах изделий, подвергаемых покрытию, указывают размеры и шероховатость поверхности до покрытия.

На каждое изделие выполняют отдельный чертеж. На каждом чертеже помещают основную надпись в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104—68 и заполняют ее графы. Массу изделия указывают в килограммах без указания единицы измерения. В основной надписи чертежа наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое».

В основной надписи чертежа детали указывают не более одного вида материала. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их указывают в технических требованиях чертежа.

На чертеже должен быть указан способ нанесения надписей и знаков (гравирование, штемпелевание, чеканка и т. п.), покрытие всех поверхностей.

Если форма и размеры всех элементов определены на чертеже готовой детали, развертку (изображение и ее длину) не приводят.

Детали из прозрачного материала изображают как непрозрачные.

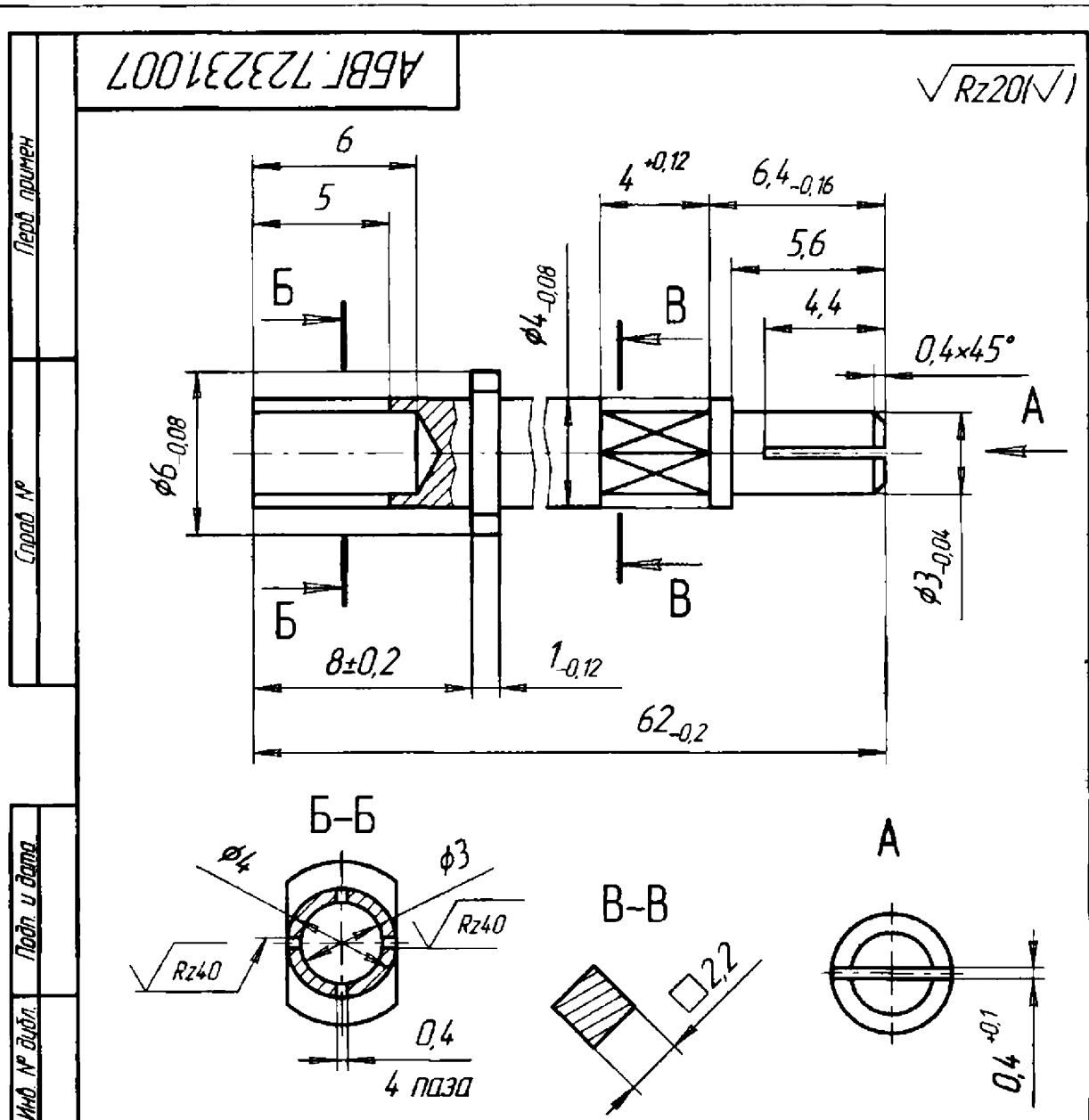
Пример оформления рабочего чертежа детали изображен на рисунке 357.

Чертеж детали должен содержать минимальное, но достаточное для представления формы детали количество изображений видов, разрезов и сечений, выполненных с применением условностей и упрощений по стандартам ЕСКД. На чертеже должны быть нанесены геометрически полно и технологически правильно все необходимые размеры. Технические требования на чертеже помещают над основной надписью и они должны отражать текстовую информацию об изготовлении детали, неуказанную графически.

В отличие от эскиза рабочий чертеж детали выполняют чертежными инструментами в определенном масштабе или с помощью компьютерных технологий.

Процесс выполнения чертежа детали состоит из некоторых этапов, которые имеют место и при эскизировании:

- ознакомление с формой и размерами детали;
- выбор главного вида и количества изображений;
- выбор формата листа и масштаба изображения детали на чертеже;
- компоновка изображений на чертеже;
- нанесение размеров и других условных знаков;
- оформление технических требований и заполнение граф основной надписи.



1. HV 280...320.

2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3. Покрытие: М3. Ср6.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АБВГ.723231.007		
Разраб.					Цанга	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.								5:1
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.					Бр. Б2 ГОСТ 18175–78	МГСУ Гр. 26	
Утв.							

Копировал Формат А4

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Рисунок 357

Сборочный чертеж.

Количество сборочных чертежей в изделии должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий.

Сборочный чертеж разрабатывается на основе чертежа общего вида и входит в комплект рабочей конструкторской документации и предназначается непосредственно для производства.

По сборочному чертежу определяется соединение деталей и сборочных единиц в готовое законченное изделие.

Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;
- размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- указания о характере сопряжения и методах его осуществления;
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- габаритные размеры изделия;
- установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- технические требования и техническую характеристику изделия.

Сборочный чертеж следует выполнять, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД. На сборочном чертеже допускается не показывать:

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие мелкие элементы;
- зазоры между стержнем и отверстием;
- надписи на табличках, фирменных бланках, шкалах и других подобных деталях, изображая только их контур.

На сборочных чертежах применяют следующие способы упрощенного изображения составных частей изделий:

- на разрезах изображают нерассеченными составные части, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи;
- типовые, покупные и другие широко применяемые изделия изображают внешними очертаниями, которые, как правило, следует упрощать, не изображая мелких выступов, впадин и т. п.
- болты, винты, шпильки изображают упрощенно;
- одинаковые по форме и размерам равномерно расположенные элементы или детали не вычерчивают, а изображают лишь один элемент или одну деталь;
- крышки, щиты и кожухи допускается не изображать, если необходимо показать закрытые ими составные части изделия;

– линии перехода вычерчивают упрощенно, заменяя лекальные кривые дугами окружностей или прямыми линиями;
– крайние или промежуточные положения детали, перемещающейся при работе, при необходимости показывают штрих-пунктирной тонкой линией с двумя точками, причем наносят только контурные очертания детали (без подробностей);
– изделия, изготовленные из прозрачного материала, изображаются как непрозрачные (в отдельных случаях допускается изображать видимыми такие детали, как шкалы, циферблаты, стрелки приборов и т. п., расположенные за прозрачным предметом);
– изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной лишь сечениями витков, изображают до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков.

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей.

Номера позиций указывают на тех изображениях, на которых соответствующие составные части проецируются как видимые, как правило, на основных видах. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. Номера позиций наносят на чертеже, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей.

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже. Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций.

Пример выполнения сборочного чертежа помещен на рисунке 358.

Спецификация. Спецификацию составляют на отдельных листах формата А4 на каждую сборочную единицу. Она представляет собой текстовый документ, определяющий состав изделия. ГОСТ 2.108—68 устанавливает форму и порядок заполнения спецификаций изделий. Спецификация необходима для изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство указанных изделий. Спецификация, в общем случае, состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности: *документация*, *комплексы*, *сборочные единицы*, *детали*, *стандартные изделия*, *прочие изделия*, *материалы*, *комплекты*. Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

Перед наименованием каждого раздела, а также после наименования оставляется по одной свободной строке. После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей.

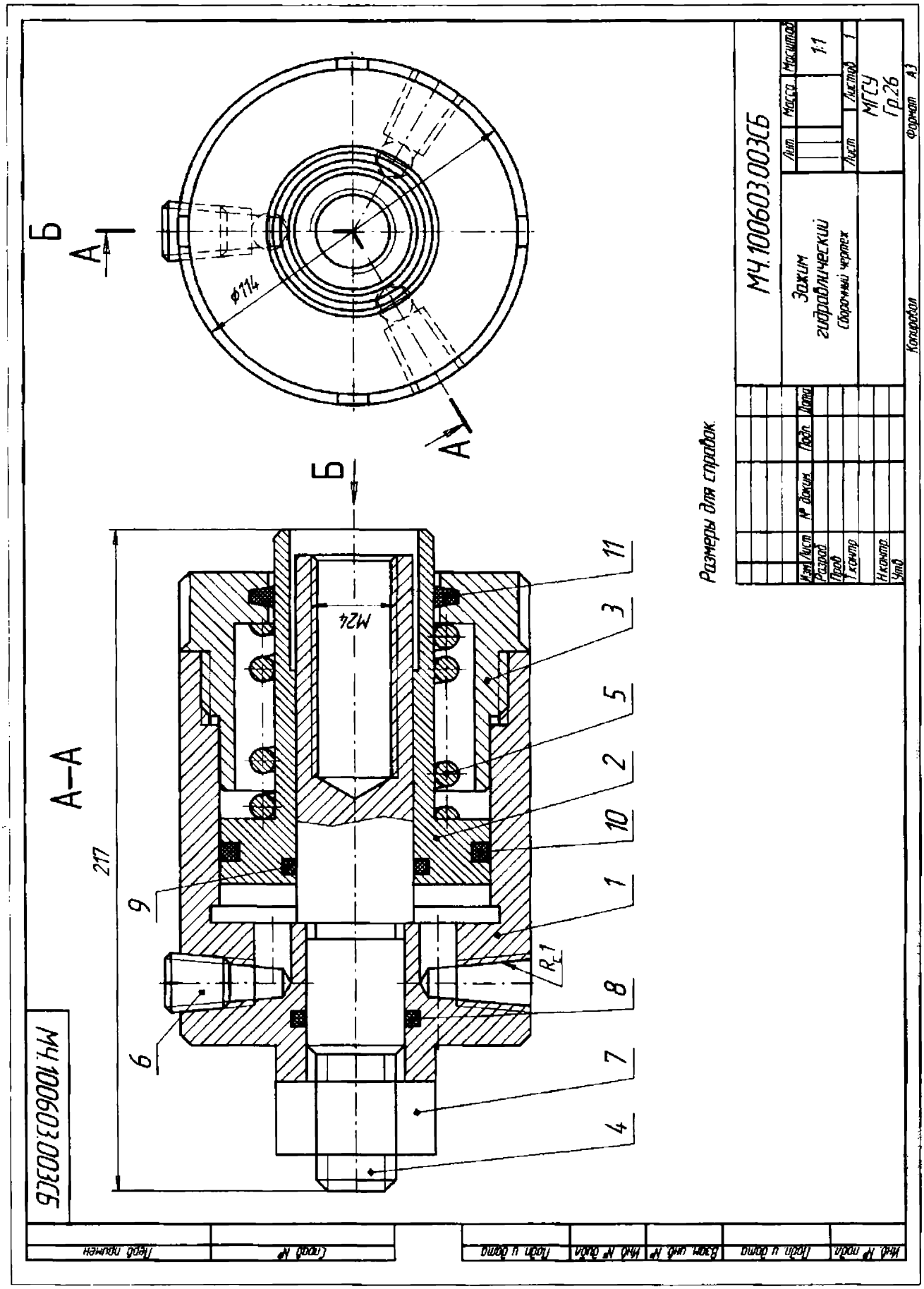

Б
А
А
Б
Ø114
А–А
M24
217
R1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Размеры для справок
МЧ.100603.003СБ
Зажим гидравлический
Сборочный чертеж
Лит
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
МГСУ гр.26
Копировал
Формат А3
Изм Лист № докум Подп Дата
Разраб
Пров
Т.контр
Н.контр
Утв
МЧ.100603.003СБ

Рисунок 358

Допускается резервировать номера позиций, которые проставляют в спецификацию при заполнении резервных строк.

В раздел «Документация» вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия. В разделе «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных изделий рекомендуется производить в алфавитном порядке сочетания букв кодов организаций-разработчиков. В пределах этих кодов — в порядке возрастания классификационной характеристики, при одинаковой классификационной характеристике — по возрастанию порядкового регистрационного номера. В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, применяемые по государственным и отраслевым стандартам. В пределах каждой категории стандартов запись рекомендуется производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению, в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименования изделий, в пределах каждого наименования — в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия. В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, примененные по техническим условиям. Запись изделий производят по однородным группам; в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименования изделий; а в пределах каждого наименования — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия. В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие по видам, в пределах каждого вида — в алфавитном прядке наименований, а в пределах каждого наименования — по возрастанию размеров или других параметров. В раздел «Материалы» не записывают материалы, необходимое количество которых не может быть определено конструктором по размерам элементов изделия и, вследствие этого, устанавливается технологом. К таким материалам относятся, например, лаки, краски, клеи, смазки, замазки, припои, электроды. Указание о применении таких материалов дают в технических требованиях на поле чертежа. В раздел «Комплекты» вносят ведомость эксплуатационных документов, ведомость документов для ремонта и применяемые по конструкторским документам комплекты, которые непосредственно входят в специфицируемое изделие, а также упаковку, предназначенную для изделия.

Графы спецификации заполняют следующим образом:

— в графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе «Обозначение». Для документов, записанных в разделе «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы», графу не заполняют;

— в графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, в после-

довательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют;

— в графе «Обозначение» указывают:

а) в разделе «Документация» — обозначение записываемых документов;

б) в разделе «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» и «Комплекты» — обозначения основных конструкторских документов на записываемые в эти разделы изделия. В разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» графу не заполняют;

— в графе «Наименование» указывают:

а) в разделе «Документация» для документов, входящих в основной комплект документов специфицируемого изделия, — только наименование документа, например: «Сборочный чертеж». «Габаритный чертеж», «Технические условия»;

б) в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» — наименование изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий;

в) в разделе «Стандартные изделия» — наименования и обозначения изделий в соответствии со стандартами на эти изделия;

г) в разделе «Прочие изделия» — наименования и условные обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием обозначений этих документов;

д) в разделе «Материалы» — обозначения материалов, установленные в стандартах или технических условиях на эти материалы.

Для записи ряда изделий и материалов, отличающихся размерами и другими данными и примененных по одному и тому же документу (и записываемых в спецификацию за обозначением этого же документа), допускается общую часть наименования этих изделий или материалов с обозначением указанного документа записывать на каждом листе спецификации один раз в виде общего наименования (заголовка). Под общим наименованием записывают для каждого из указанных изделий и материалов только их параметры и размеры;

— в графе «Кол.» указывают для составных частей изделия, записываемых в спецификацию, количество их на одно специфицируемое изделие:

а) в разделе «Материалы» — общее количество материалов на одно специфицируемое изделие с указанием единиц измерения;

б) в разделе «Документация» графу не заполняют.

Размеры спецификации приведены на рисунке 359 (форма 1) — первый лист спецификации и на рисунке 360 (форма 1а) — последующие листы спецификации.

Пример заполнения граф спецификации изображен на рисунке 361.

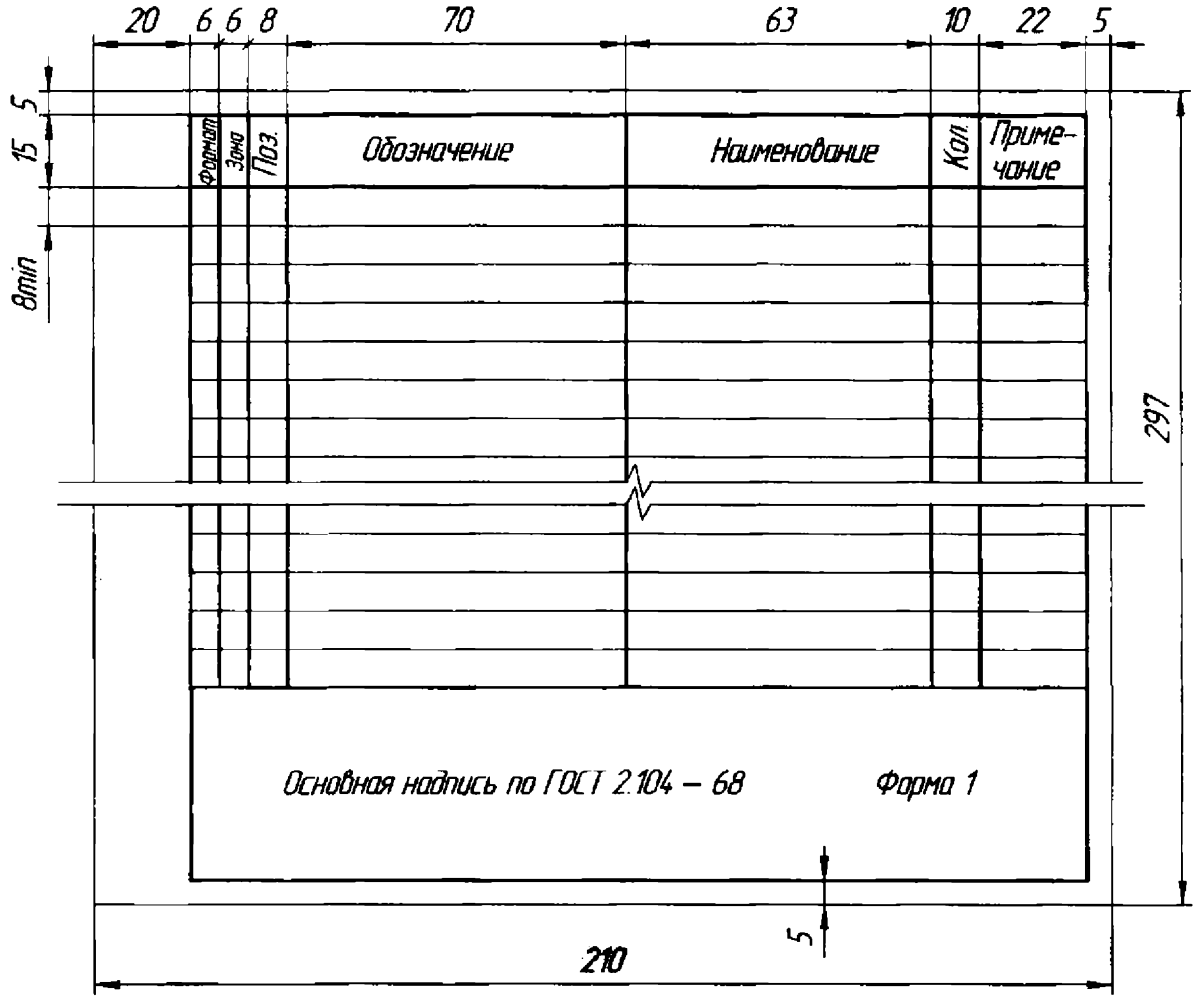


Рисунок 359

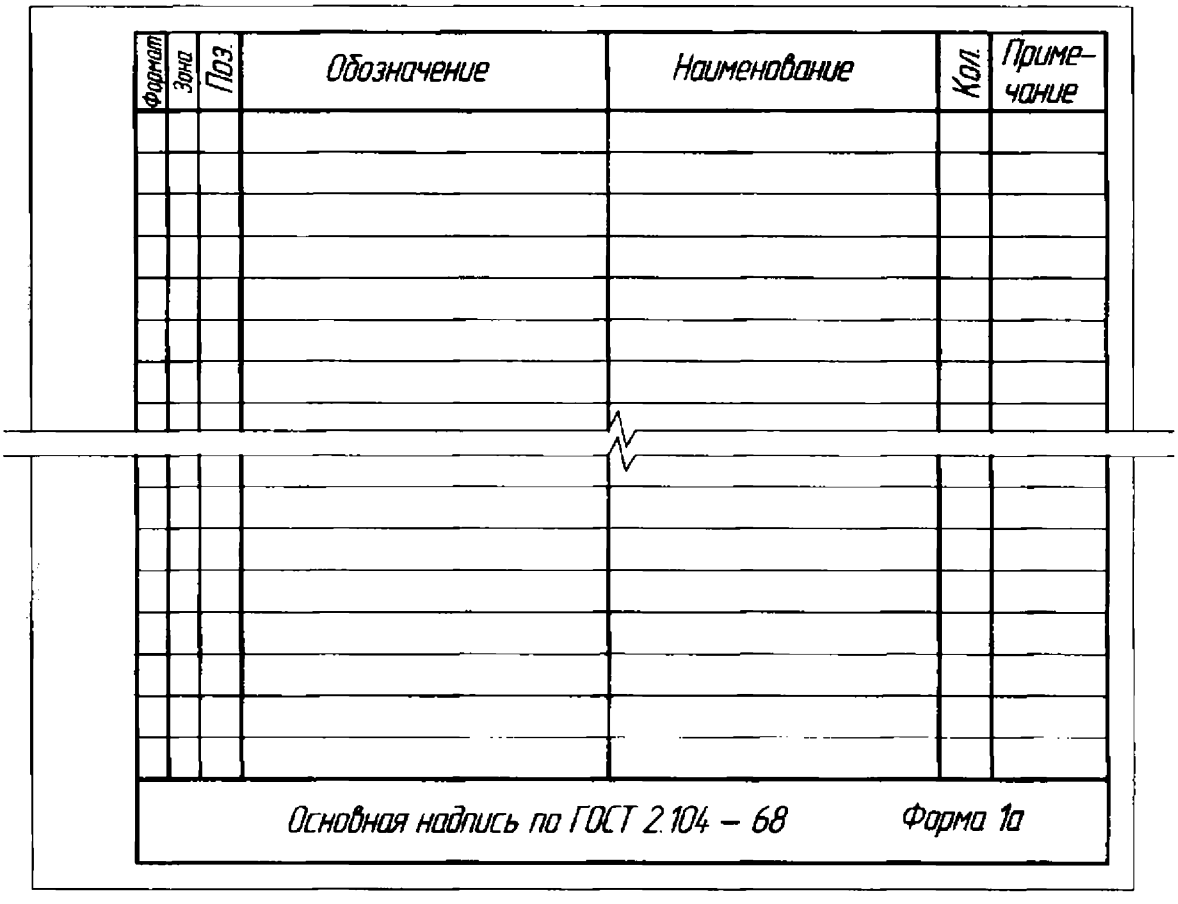


Рисунок 360

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А3			МЧ.100603.003СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
А2		1	МЧ.100603.003-01	Корпус	1	
А3		2	МЧ.100603.003-02	Поршень	1	
А3		3	МЧ.100603.003-03	Крышка	1	
А3		4	МЧ.100603.003-04	Шток	1	
А4		5	МЧ.100603.003-05	Пружина	1	
А4		6	МЧ.100603.003-06	Пробка	1	
				Стандартные изделия		
		7		Гайка М26-6Н.5		
				ГОСТ 5915-70	1	
				Кольца ГОСТ 6418-81		
		8		СГ-42-36-4	1	
		9		СГ-44-34-5	1	
		10		СГ-78-6	1	
		11		СГ-548	1	

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Н.контр.				
Утв.				

МЧ.100603.003

Зажим гидравлический

Лит.	Лист	Листов
		1

МГСУ Гр.26

Копировал

Формат А4

Рисунок 361

Габаритные чертежи не предназначаются для изготовления по ним изделий и не должны содержать данных для изготовления и сборки. На габаритном чертеже изображение изделия выполняют с максимальными упрощениями. Количество видов на габаритном чертеже должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы дать исчерпывающее представление о внешних очертаниях изделия, о положениях его выступающих частей. На габаритном чертеже наносят габаритные размеры изделия, установочные и присоединительные размеры и, при необходимости, размеры, определяющие положение выступающих частей. Установочные и присоединительные размеры, необходимые для увязки с другими изделиями, должны быть указаны с предельными отклонениями. На габаритном чертеже не указывают, что все размеры, приведенные на нем, справочные.

Монтажные чертежи должны содержать:

- изображение монтируемого изделия;
- изображение изделий, применяемых при монтаже, а также полное или частичное изображение устройства, к которому изделие крепится;
- установочные и присоединительные размеры с предельными отклонениями;
- перечень составных частей, необходимых для монтажа;
- технические требования к монтажу изделия.

Монтажные чертежи выпускают на изделия, монтируемые на одном определенном месте или на нескольких различных местах, а также когда необходимо показать соединение составных частей комплекса между собой на месте эксплуатации. Монтажный чертеж выполняют по правилам, установленным для сборочных чертежей. Монтируемое изделие изображают на чертеже упрощенно, показывая его внешние очертания.

Чертеж общего вида технического предложения (ГОСТ 2.118—73), эскизного проекта (ГОСТ 2.119—73) и технического проекта (ГОСТ 2.120—73) в общем случае должен содержать:

- изображения изделия (виды, разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;
- наименования, а также обозначения тех составных частей изделия, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество, указание о материале, принципе работы и др.);
- размеры и другие наносимые на изображения данные;
- схему, если она требуется, но оформлять ее отдельным документом нецелесообразно;
- технические характеристики изделия.

Изображения выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД. Наименования и обозначения составных частей изделия на чертежах общего вида указывают на полках линий-выносок.

Электромонтажный чертеж. В зависимости от сложности изделий и технологии их изготовления ГОСТ 2.413—72 устанавливает четыре варианта (А, Б, В, Г) выполнения конструкторской документации на изделия, выполняемых с применением электрического монтажа. Электромонтажный чертеж выпускают в случаях выполнения документации по варианту Б и В. На электромонтажном чертеже составные части, устанавливаемые при электромонтаже, и места присоединения проводников выполняют сплошными основными линиями, а составные части, устанавливаемые до электромонтажа, — упрощенно и сплошными тонкими линиями. Спецификацию к электромонтажному чертежу выпускают по ГОСТ 2.108—68, ГОСТ 2.413—72 (вариант Б) и по ГОСТ 2.413—72 (вариант В). Для изображения невидимых мест присоединения проводников на чертеже допускается смещать изображения составных частей, изменять (удлинять, укорачивать) их очертания, изображать стенки, находящиеся в разных плоскостях, развернутыми в плоскости чертежа с указанием на чертеже — «Стенка развернута».

Вопросы для самопроверки

1. Каковы правила нанесения номеров позиций на сборочных чертежах?
2. Как заштриховываются граничные детали на сборочных чертежах в разрезе?
3. Какие размеры наносят на сборочном чертеже?
4. Какая разница между эскизом и рабочим чертежом?
5. В каком месте чертежа детали записывают технические требования?
6. Какие размеры называются справочными?

3.29 Разъемные соединения

Разъемные соединения позволяют многократно выполнять его разборку и последующую сборку, при этом целостность деталей, входящих в соединение не нарушается. К разъемным соединениям относятся: резьбовые соединения, соединения с применением штифтов, шпоночные соединения, а также зубчатые (шлицевые) соединения.

Резьбовые соединения рассмотрены в главе 3.21.

Соединения с применением штифтов. По форме штифты разделяются на цилиндрические и конические и применяются для взаимной установки деталей, а также в качестве соединительных и предохранитель-

ных деталей. Штифты выполняются по ГОСТ 26862—86 и по стандартам на виды штифтов.

Цилиндрические штифты выполняются по ГОСТ 3128—70 исполнением *1*, *2*, *3*, классов точности А, В, С, диаметром от 0,6 до 50 мм (рисунок 362, таблица 40).

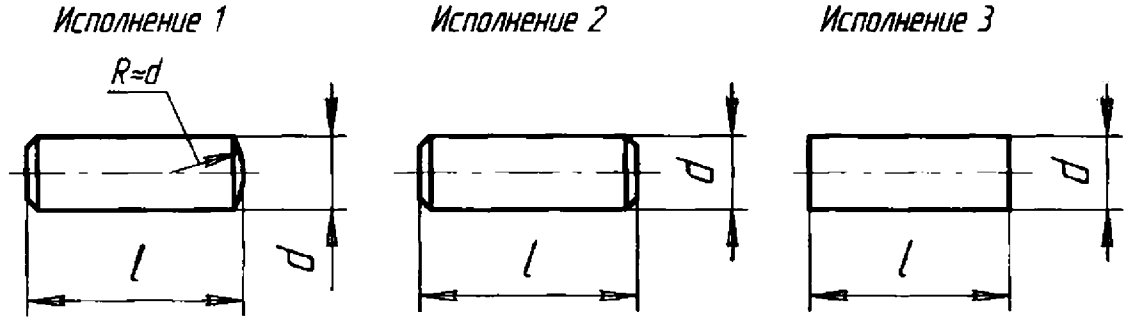


Рисунок 362

Предельные отклонения диаметра *d* должны соответствовать квалитетам: для класса точности А — *m*6, для класса точности В — *h*8, для класса точности С — *h*11. Материал для изготовления штифтов — *сталь 45 ГОСТ 1050—88.*

Таблица 40 — Размеры штифтов **В миллиметрах**

d	*l*	*d*	*l*	*d*	*l*
0,6	2—8	2	4—40	6	12—120
0,8	2,5—14	2,5	5—50	8	16—140
1,0	2,5—16	3	6—60	10	18—140
1,2	2,5—25	4	8—80	12	22—160
1,5	3—30	5	10—100	16	25—180

Штифты выпускаются следующих диаметров (*d*): 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30; 40; 50 (мм).

Длина штифтов (*l*) выбирается из ряда: 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 100; 110; 120; ...280 (мм).

Стандарт рекомендует следующие посадки штифтового соединения:

Исполнение *1*:

— посадки с натягом — $\frac{K7}{m6}, \frac{N7}{m6}$;

— переходные посадки — $\frac{H7}{m6}$;

— посадки с зазором — $\frac{F7}{m6}$.

Исполнение *2*:

— переходные посадки — $\frac{R8}{h8}, \frac{H9}{h8}$;

Исполнение *3*:

— переходные посадки — $\frac{H12}{h11}$.

Пример условного обозначения цилиндрического штифта исполнения *1* (не указывается), диаметром $d = 5$ мм; длиной $l = 50$ мм, без покрытия:

Штифт 5 × 50 ГОСТ 3128—70.

Конические штифты выполняются с конусностью 1:50, исполнением *1* и *2*; классов точности А и В; диаметром от 0,6 до 50 мм. Размеры и параметры конических штифтов определяет ГОСТ 3129—70 (рисунок 363, таблица 41).

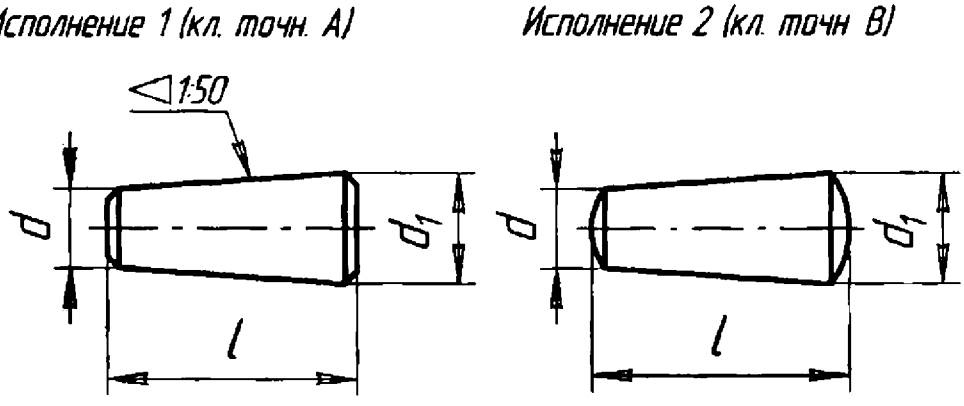


Рисунок 363

Предельные отклонения диаметра *d* должны соответствовать квалитетам: для класса точности А — *h*10; для класса точности В — *h*11.

Таблица 41 — Размеры штифтов **В миллиметрах**

d	*l*	*d*	*l*	*d*	*l*
0,6	4—12	2	8—36	6	20—100
0,8	4—14	2,5	10—45	8	22—110
1,0	6—20	3	12—55	10	26—180
1,2	6—20	4	14—70	12	32—220
1,5	6—24	5	16—90	16	32—260

Штифты выпускаются следующих диаметров (*d*): 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4: 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30; 40; 50 мм.

Длина штифтов (l) выбирается из ряда: 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 100; 110; 120;...280 мм.

Величина диаметра d_1 определяется по формуле (3)

$$d_1 = d + \frac{l}{50}. \qquad (3)$$

Пример условного обозначения штифта конического исполнения *1* (не указывается), диаметром $d = 10$ мм, длиной $l = 60$ мм, без покрытия:

Штифт 10 × 60 ГОСТ 3129—70;

того же штифта исполнения *2* с покрытием *Хим.окс.прм*:

Штифт 2. 10 × 60 Хим.Окс.прм. ГОСТ 3129—70.

Пример соединения деталей с применением штифтов изображен на рисунке 364.

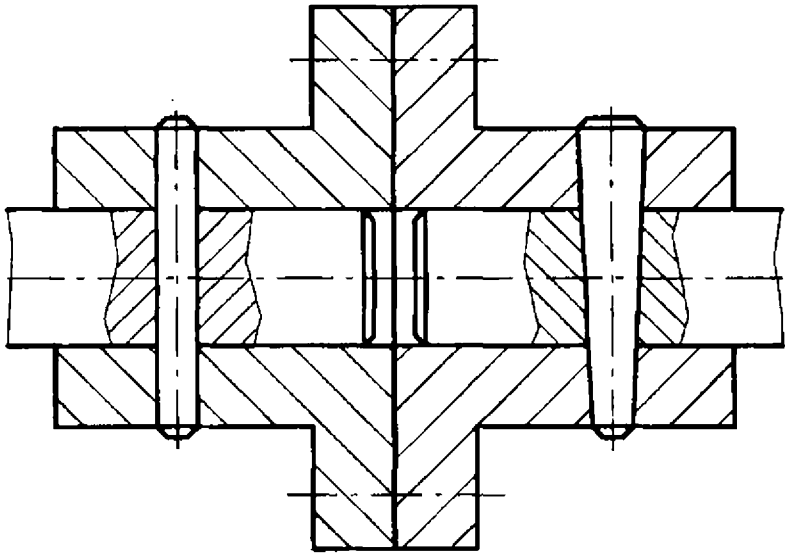


Рисунок 364

Шпоночные соединения бывают двух видов: неподвижное и подвижное. Наиболее распространено неподвижное соединение шпонками валов с насаженными на них деталями, например: маховиками, шкивами, зубчатыми колесами, муфтами, звездочками, кулачками. В этом соединении часть шпонки входит в паз вала, а часть — в паз ступицы колеса. Форма и размеры шпонок стандартизованы и зависят от диаметра вала и условий эксплуатации соединяемых деталей. Большинство стандартных шпонок представляет собой деталь призматической, сегментной или клиновидной формы с прямоугольным поперечным сечением. Шпонки в продольном разрезе показываются нерассеченными независимо от их формы и размеров. Наибольшее распространение имеют призматические шпонки (рисунок 365, таблица 42).

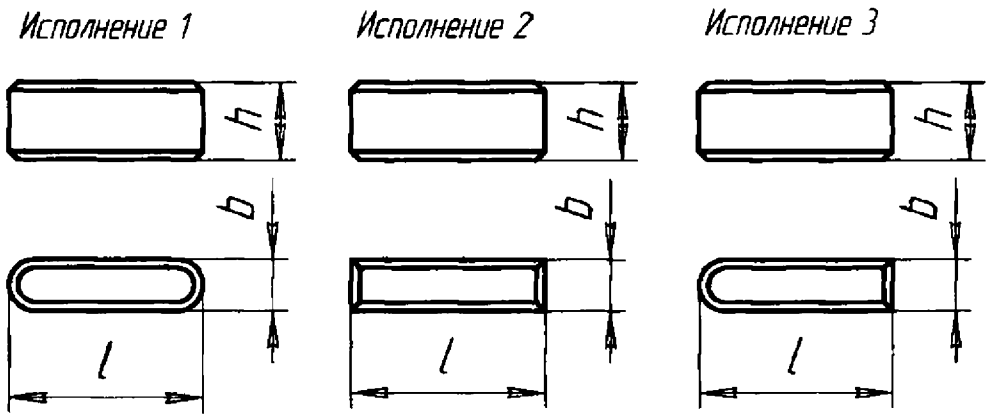


Рисунок 365

Таблица 42 — Размеры призматических шпонок **В миллиметрах**

b	*h*	*l*	*b*	*h*	*l*	*b*	*h*	*l*
2	2	6—20	6	6	14—63	12	8	28—140
3	3	6—36	7	7	16—70	14	9	36—160
4	4	8—45	8	7	18—90	16	10	45—180
5	5	10—56	10	8	22—110	18	11	50—200

Длина *l* шпонки выбирается из ряда: 6, 8, 10, 12, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 125, 140, 160, 180, 200... (мм).

Предельные отклонения размеров шпонок по высоте (*h*) — *h*11, *h*9; по ширине (*b*) — *H*9.

Передача вращения от вала к втулке (или наоборот) производится рабочими боковыми гранями шпонки.

Размеры пазов на валу и во втулке выбираются по ГОСТ 23360—70 (рисунок 366).

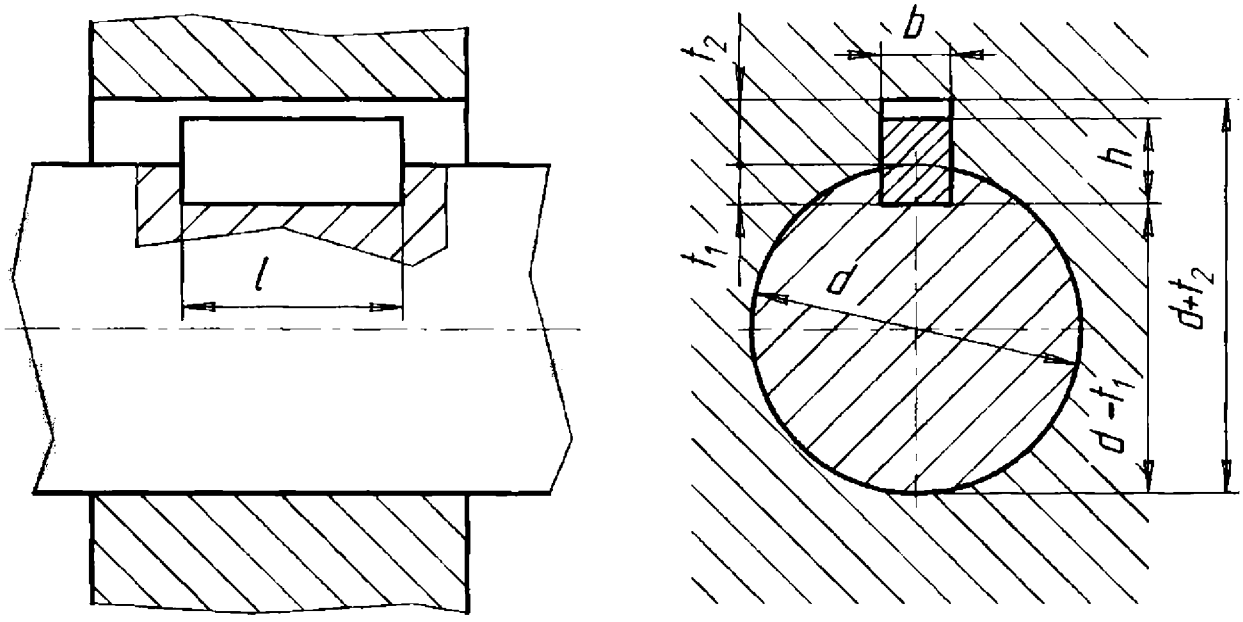


Рисунок 366

Пример обозначения шпонки *1* исполнения (не указывается), шириной $b = 16$ мм, высотой $h = 10$ мм, длиной $l = 100$ мм:

Шпонка 16 × 10 × 100 ГОСТ 23360—78.

Выбор размеров шпонки: высоты (h) и ширины (b), в зависимости от диаметра вала производится по таблице 43.

Таблица 43 **В миллиметрах**

d	$b \times h$	d	$b \times h$
6—8	2 × 2	22—30	7 × 7
8—10	3 × 3	30—38	10 × 8
10—12	4 × 4	38—44	12 × 8
12—17	5 × 5	44—50	14 × 9
17—22	6 × 6	50—58	16 × 10

Вопросы для самопроверки

1. Какие соединения называются разъемными?
2. Какие элементы конструкции применяются для осуществления разъемных соединений?
3. Назовите виды штифтов, применяемых в приборостроении.
4. Какими параметрами характеризуется призматическая шпонка?

3.30 Неразъемные соединения

Разборка неразъемных соединений может быть осуществлена только такими средствами, которые приводят к частичному разрушению деталей, входящих в соединение. К неразъемным соединениям относятся соединения: клепаные, сварные, полученные пайкой, склеиванием, сшиванием и при помощи металлических скобок.

Сварные соединения широко применяются в технике, особенно в машиностроении. При помощи сварки соединяются детали машин, металлоконструкции мостов и т. п. Сварка успешно заменяет поковки, отливки, клепаные соединения, упрощая технологический процесс, снижая трудоемкость и уменьшая вес изделия.

В зависимости от процессов, происходящих при сварке, различают сварку *плавлением* и сварку *давлением*.

Сварка плавлением характерна тем, что поверхности кромок свариваемых деталей плавятся и после остывания образуют сварочный шов. К такой сварке относятся газовая и дуговая сварки.

Сварка давлением осуществляется при совместной пластической деформации предварительно нагретых поверхностей свариваемых деталей. Эта деформация происходит за счет воздействия внешней силы. Сварка давлением осуществляется, как правило, одним из видов контактной электросварки: точечной и шовной.

ГОСТ 2.312— 72 устанавливает условные изображения и обозначения на чертежах швов сварных соединений.

Шов сварного соединения, независимо от способа сварки, условно изображают:

— видимый — сплошной основной линией (рисунок 367);

— невидимый —штриховой линией (рисунок 368).

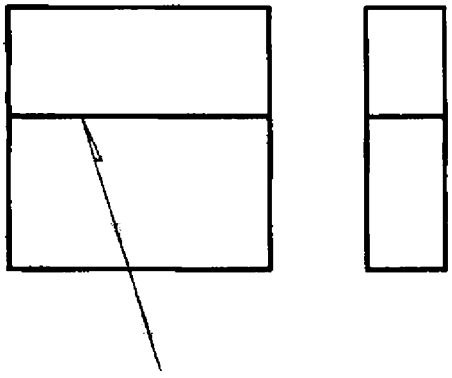


Рисунок 367

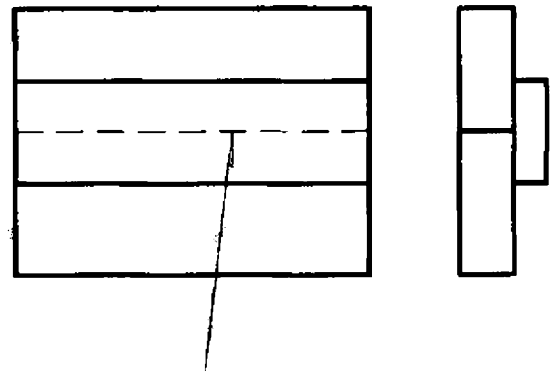


Рисунок 368

Видимую одиночную сварную точку, независимо от способа сварки, условно изображают знаком «+», который выполняют сплошными основными линиями (рисунок 369). Невидимые одиночные точки не изображают. От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой (рисунки 367—369). Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

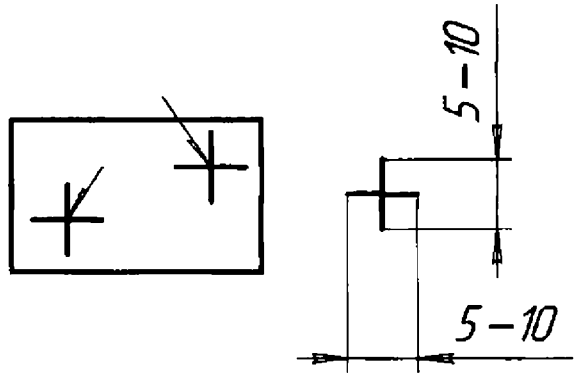


Рисунок 369

Условное обозначение шва наносят:

— на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны (видимый шов);

— под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны (невидимый шов).

За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.

В сварочном производстве применяется, как правило, стандартные сварные швы, параметры которых определяются соответствующими стандартами. Каждый стандартный шов имеет буквенно-цифровое обозначение, полностью определяющее конструктивные элементы шва.

Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки приведена на схеме (рисунок 370).

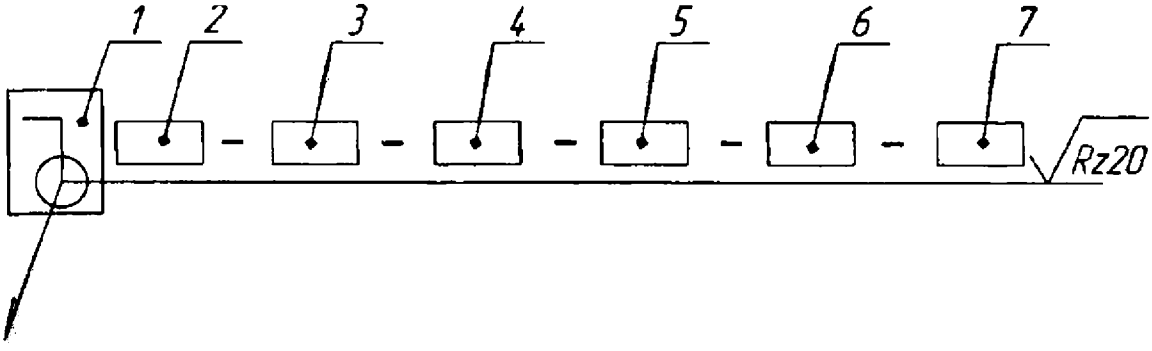


Рисунок 370

Порядок записи в обозначении отмечен на рисунке прямоугольниками (поз. 1—7). На месте прямоугольников наносят:

— вспомогательные знаки монтажного шва и шва по замкнутому контуру:

а) ┐ — шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения,

б) О — шов по замкнутому контуру, диаметр знака 3—5 мм;

— обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы шва:

а) ГОСТ 5264—80 — Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

б) ГОСТ 8713—79 — Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

в) ГОСТ 14776—79 — Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

г) ГОСТ 14806—80 — Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

д) ГОСТ 15878—79 — Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры и др.;

— буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; стандартами регламентируется следующие типы соединений: С — стыковое, У — угловое, Т — тавровое, Н — нахлесточное.

Далее устанавливается форма подготовленных кромок. Соединение может быть без скоса кромок, со скосом одной кромки, со скосом двух кромок и т. д. и, наконец, приводится условное обозначение соединения по стандарту, например: С1, С2, ..., У1, У2, ..., Т1, Т2, ..., Н1,

Н2, ... и т. д. Буква означает тип сварного соединения, число — номер шва по данному стандарту;

- условное обозначение способа сварки по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (допускается не указывать);
- знак «прямоугольный треугольник» и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов;
- геометрические параметры шва;
- вспомогательные знаки.

Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят на линии-выноске или полке линии-выноски, проведенной от изображения шва (рисунок 371).

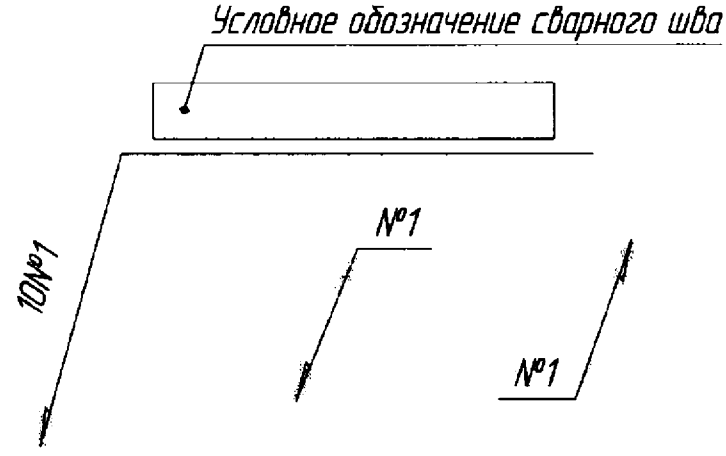


Рисунок 371

Условное обозначение невидимого сварного шва производят под полкой линии-выноски.

Пример условного обозначения сварочного шва стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, выполняемый дуговой ручной сваркой при монтаже изделия, усиление шва снято, параметр шероховатости поверхности шва — *Rz* 20 мкм (рисунок 372):

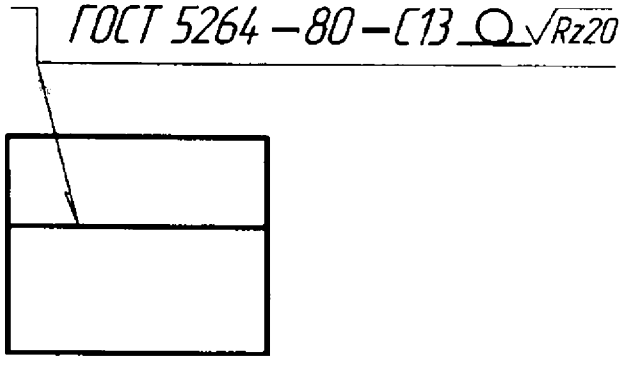


Рисунок 372

Соединения заклепками применяют в конструкциях, подверженных действию высоких температур или ударных и вибрационных нагрузок (котлы, железнодорожные мосты, авиационные конструкции).

Заклепочное соединение применяется в соединениях деталей из металлов, в основном плохо поддающихся сварке, при соединениях металлических изделий с неметаллическими.

Заклепка представляет собой стержень круглого сечения, имеющий с одного конца головку, форма головки бывает различной.

ГОСТ 2.313—82 устанавливает условные изображения и обозначения соединений, получаемых клепкой. Примеры условного изображения соединений, получаемых клепкой, приведены на рисунке 373.

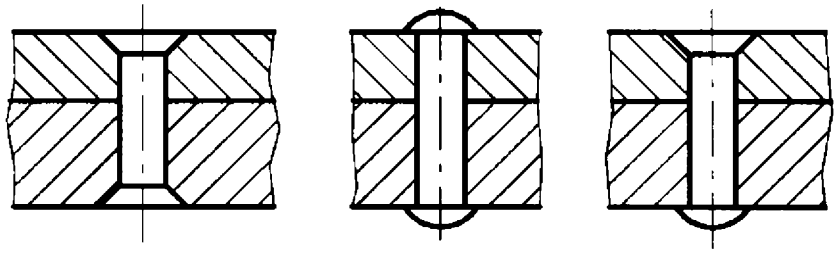


Рисунок 373

Заклепки выполняются по ГОСТ 10304—80 и по стандартам на виды заклепок. Заклепки нормальной точности с полукруглой головкой, получившие широкое распространение, выполняются по ГОСТ 10299—80 (рисунок 374 и таблица 44).

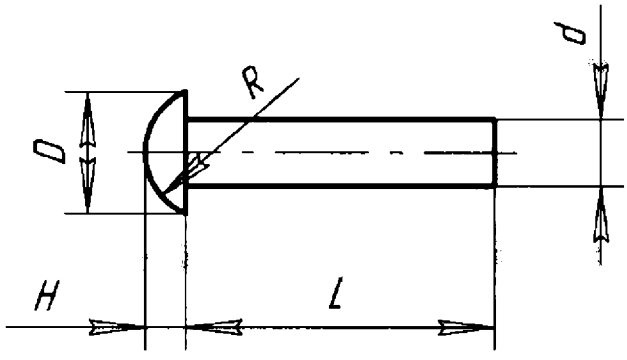


Рисунок 374

Таблица 44 — Размеры заклепок с полукруглой головкой **В миллиметрах**

d	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
D	1,8	2,1	2,9	3,5	4,4	5,3	7,1	8,8	11	14
H	0,6	0,7	1,0	1,2	1,5	1,8	2,4	3	3,6	4,8
L	2—8	2—10	3—12	3—16	3—20	4—40	5—50	7—60	7—60	7—70

Длина заклепки (*L*) выбирается из ряда: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 65, 70, 80, ..., 180 мм.

Пример обозначения заклепки диаметром 8 мм, длиной $L = 20$ мм, из стали марки *Ст2*, класса точности В:

Заклепка 8 × 20.00.ГОСТ 10299—80.

Заклепки с потайной головкой — по ГОСТ 10300—80 (рисунок 375 и таблица 45).

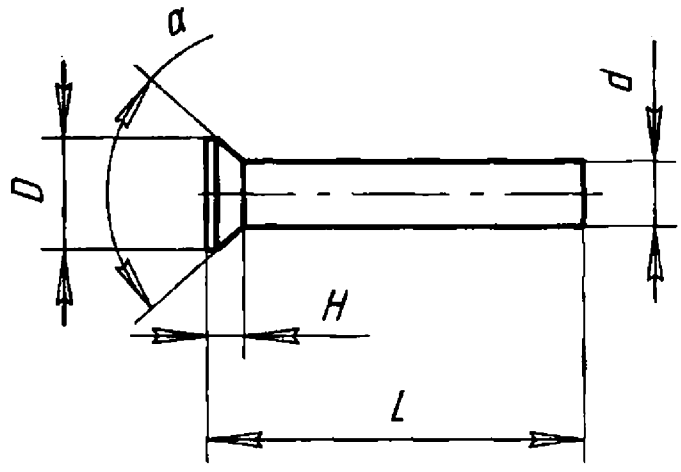


Рисунок 375

Таблица 45 — Размеры заклепок с потайной головкой **В миллиметрах**

d	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
D	1,9	2,3	2,9	3,9	4,5	5,2	7	8,8	10,3	13,9
H	0,5	0,6	0,7	1,0	1,1	1,2	1,6	2	2,4	3,2
α	90°									
L	2—8	3—10	3—12	3—16	4—20	4—40	5—50	8—60	8—60	8—60

Длина заклепки (L) выбирается из ряда: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 58, 60, 65, 70, 80, ..., 180 мм.

Пример условного обозначения заклепки класса точности В, диаметром 5 мм, длиной $L = 12$ мм, из стали *12Х18Н9Т*:

Заклепка 5 × 12.21 ГОСТ 10300—80.

Заклепки пустотелые со скругленной головкой — по ГОСТ 12638—80, заклепки пустотелые с плоской головкой — по ГОСТ 12639—80.

Длина заклепки L, мм, определяется по формуле 4

$$L = S + (1{,}5d \pm n), \qquad (4)$$

где S — суммарная толщина склепываемого материала, мм;

d — диаметр заклепки, мм;

n — коэффициент, определяется по таблице 46.

Таблица 46 — Значение коэффициента *n* для формулы 4

d	Форма головки	Толщина склепываемого материала, *S*													
		2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	18	20
1	Полукруглая	0	+1		+2										
	Потайная	+1			+2										
1, 6	Полукруглая	0			+1			+2							
	Потайная	0			+1				+2						
2	Полукруглая	−1	0					+1							
	Потайная	0				+1			+2						
2, 5	Полукруглая	−1			0					+1					
	Потайная		−1		0					+1					
3	Полукруглая	−1			0										
	Потайная		−2		−1						0				
4	Полукруглая	−1						0						+1	
	Потайная			−3		−2					−1				0
5	Полукруглая			−2			−1					0			
	Потайная				−2					−1					0

Соединения паяные и клееные изображаются и обозначаются по ГОСТ 2.313—82.

Место соединения элементов в соединениях, получаемых пайкой и склеиванием, следует изображать сплошной линией толщиной 2*S*, при этом следует применять условный знак, который наносят на линии-выноске сплошной основной линией (рисунок 376).

Швы, выполняемые по замкнутой линии, следует обозначать окружностью диаметром 3—5 мм, выполняемой тонкой линией (рисунок 377).

Швы, ограниченные определенным участком, следует обозначить, как показано на рисунке 378.

Обозначение припоя или клея по соответствующему стандарту или техническим условиям следует приводить в технических требованиях чертежа записью то типу: *«ПОС61 ГОСТ 21931—76»*. Ссылку на номер пункта технических требований следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва.

ГОСТ 19248—90 устанавливает классификацию и обозначение припоев.

Марки часто применяемых припоев приведены в таблице 47.

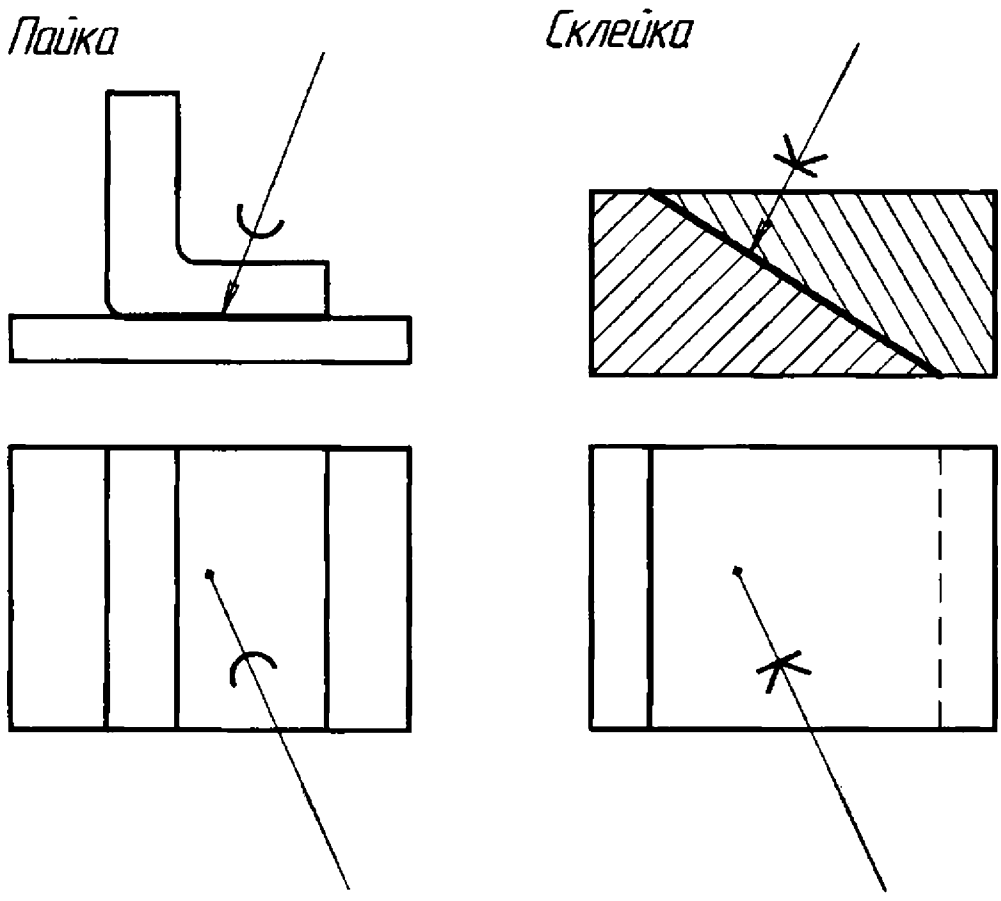


Рисунок 376

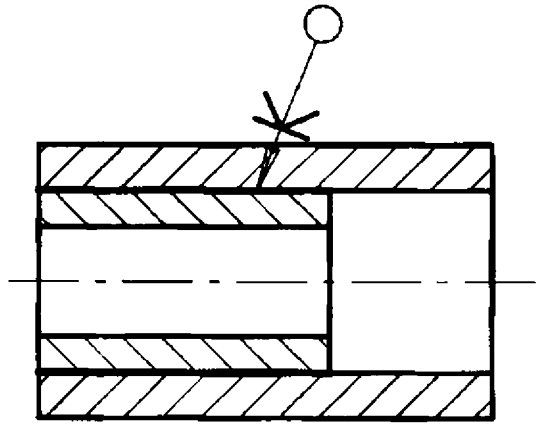


Рисунок 377

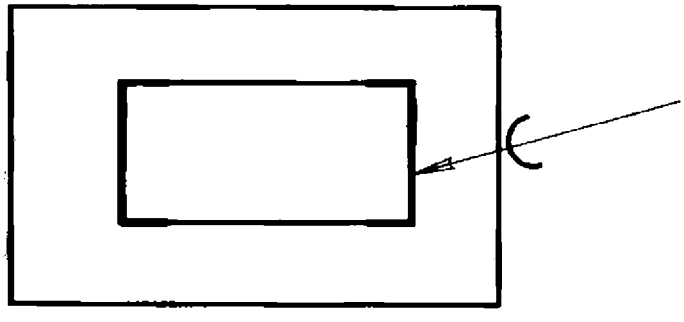


Рисунок 378

Таблица 47 — Марки припоев

Тип припоя	Марка припоя	Обозначение стандарта
Оловянно-свинцовый	ПОС90 ПОС61 ПОС40 ПОС30 ПОС10 ПОС61М ПОСК50-18	ГОСТ 21931—76
Серебряный	ПСр72 ПСр71 ПСр70 ..... ПСр1	ГОСТ 19738—74
Медно-цинковый	ПМЦ36 ПМЦ48 ПМЦ54	ГОСТ 23137—78

Пример условного обозначения припоя:

Припой ПСр72 ГОСТ 19738—74.

Марки широко распространенных клеев в приборостроении приведены в таблице 48.

Таблица 48 — Марки клеев

Марка клея	Обозначение стандарта
Бальзам пихтовый	ГОСТ 2290—76
Бальзамин Бальзамин-М Бальзамин-М2 Акриловый ОК-50П ОК-72ФТ5 ОК-90М УФ-215 ТКС-1 ММА	ГОСТ 14887—80
БФ-2 БФ-2Н БФ-4 БФ-6 БФР-2	ГОСТ 12172—74

Пример обозначения клея на чертеже:

Клей ОК-50П ГОСТ 14887—80

Соединения, получаемые сшиванием, следует изображать на чертежах по ГОСТ 2.313—82 тонкой сплошной линией и обозначать условным знаком, выполненным сплошной основной линией и нанесенным на линии-выноске (рисунок 379).

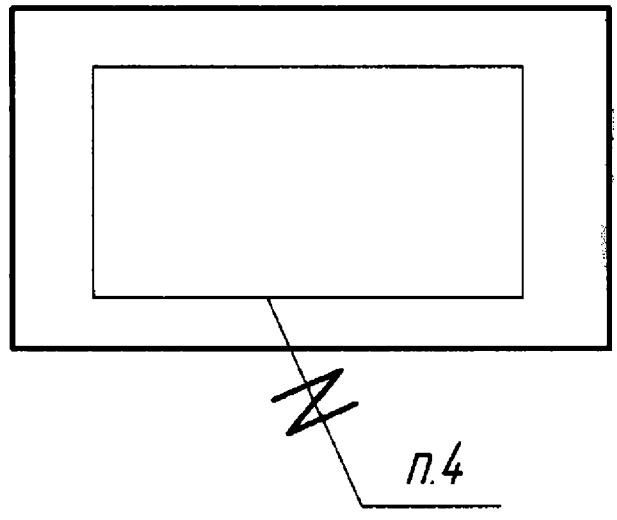


Рисунок 379

Обозначение материала (ниток и т. п.) по соответствующему стандарту или техническим условиям следует приводить в технических требованиях чертежа. Ссылку на номер пункта следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва.

Соединения, получаемые при помощи металлических скобок, следует изображать по ГОСТ 2.313—82 и обозначать условным знаком, выполненным сплошной основной линией и нанесенным на линии-выноске (рисунок 380). Линия-выноска подводится к соединению со стороны расположения скобок. Дополнительные сведения, характеризующие соединение, при необходимости, следует приводить в технических требованиях чертежа. Ссылку на номер пункта следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения соединения.

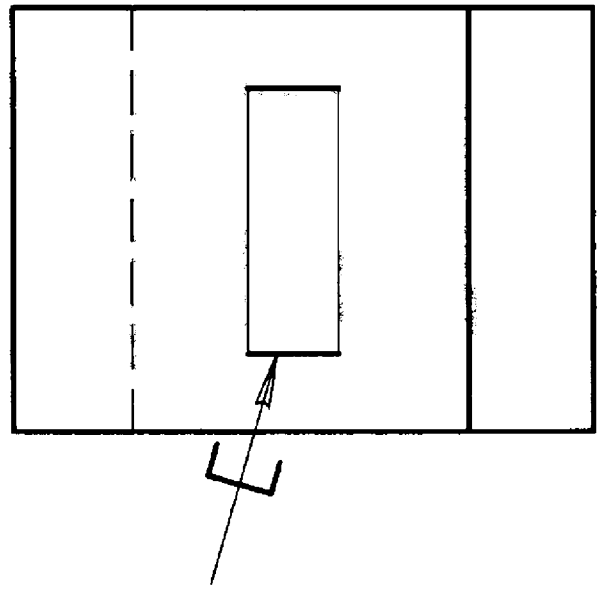


Рисунок 380

Вопросы для самопроверки

1. Какие соединения называются неразъемными?
2. Назовите виды неразъемных соединений.
3. Какие виды сварки вы знаете?
4. Как обозначается на чертеже сварной шов?
5. Назовите виды заклепок, применяемых в приборостроении?
6. Как определить необходимую длину заклепки для соединения элементов конструкции?
7. Линией какой толщины изображается на чертеже место соединения элементов, получаемой пайкой и склеиванием?

3.31 Зубчатые передачи

Вращательное движение от одного вала к другому передается с помощью различных деталей, совокупность которых называется передачей.

Передачи по своим действиям разделяются на передачи трением (фрикционные, ременные) и передачи зацеплением (зубчатая, цепная, реечная, червячная). К составным частям передач относят катки (ролики), шкивы, зубчатые колеса, червяки, рейки, валы, ремни, цепи, муфты, подшипники и др.

Зубчатые передачи обладают высоким коэффициентом полезного действия (до 95 %), надежны, но требуют высокой точности изготовления. Кроме цилиндрических и конических зубчатых колес в отдельных случаях применяются колеса и детали других форм и с иной формой зубьев, отличающиеся друг от друга технологией изготовления, материалом и конструктивными особенностями. Зубчатые колеса изготавливают нарезанием на металлорежущих станках, штамповкой, прокаткой, отливкой и сваркой. Зубья зубчатых колес при их нарезании на металлорежущих станках изготавливают методом копирования (специальными пальцевыми или дисковыми фрезами) или обкатки (с помощью зуборезной рейки или долбяка). Для изготовления зубчатых колес применяется сталь, чугун, бронза, а также различные пластмассы.

В основу определения параметров зубчатого колеса положена делительная окружность. Диаметр делительной окружности обозначается буквой d и называется делительным. По делительной окружности откладывается окружной шаг зубьев, обозначаемый P_t и представляющий собой расстояние по дуге делительной окружности между соседними зубьями колеса (рисунок 381). Таких шагов можно отложить столько, сколько зубьев z имеет колесо.

Делительная окружность делит высоту зуба h на две неравные части — головку высотой h_a и ножку высотой h_f. Зубчатый венец ограничивается окружностью вершин зубьев диаметром d_a и окружность впадин диаметром d_f.

На чертежах поверхность и образующую вершин зубьев показывают сплошными основными линиями, поверхность и образующую впадин

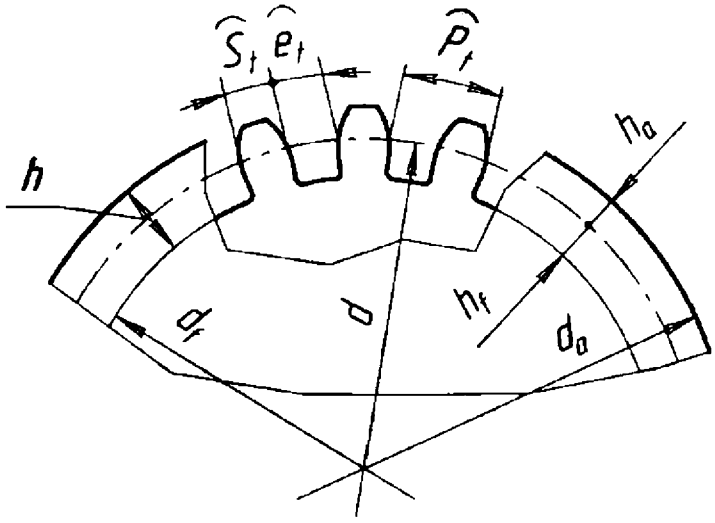


Рисунок 381

показывают сплошными тонкими линиями. Делительные окружности показывают штрихпунктирными линиями. По делительной окружности откладывают окружную толщину зуба s_t и окружную ширину впадин e_t. Одним из основных параметров зубчатых колес является модуль

$$m = \frac{P_t}{\pi}.$$

ГОСТ 9563—60 устанавливает значения модулей зубчатых колес (таблица 49). При выборе модуля следует отдавать предпочтение первому ряду.

Таблица 49 — Значения модулей зубчатых колес

1 ряд	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 6; 8; 10
2 ряд	0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 7; 9; 11

Параметры цилиндрического зубчатого колеса определяются по формулам из таблицы 50.

Таблица 50

Параметр	Обозначение	Расчетная формула
Высота головки зуба	h_a	$h_a = m$
Высота ножки зуба	h_f	$h_f = 1{,}25m$
Высота зуба	h	$h = h_a + h_f = 2{,}25m$
Делительный диаметр	d	$d = mz$
Диаметр вершин зубьев	d_a	$d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$
Диаметр впадин зубьев	d_f	$d_f = d - 2h_f = m(z - 2{,}5)$
Шаг окружной	P_t	$P_t = m\pi$
Окружная толщина зуба	s_t	$s_t = 0{,}5P_t = 0{,}5m\pi$
Окружная ширина впадины	e_t	$e_t = 0{,}5P_t = 0{,}5m\pi$

Зубчатая передача между параллельными валами осуществляется цилиндрическими зубчатыми колесами с внешним (рисунок 382) или внутренним зацеплением зубьев. Зубчатые колеса по расположению зубьев на ободе колеса подразделяются на прямозубые, косозубые, шевронные. Между валами, оси которых пересекаются (под острым, прямым или тупым углом), применяют конические зубчатые колеса (рисунок 383). Между перекрещивающимися валами применяют червячные передачи (рисунок 384).

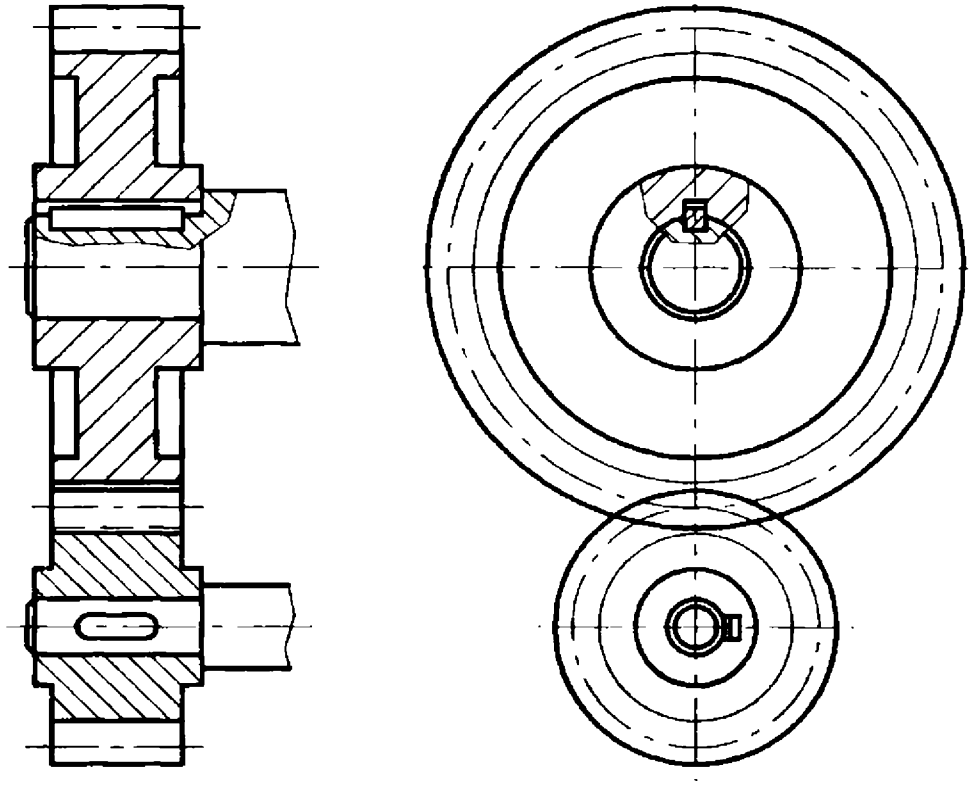


Рисунок 382

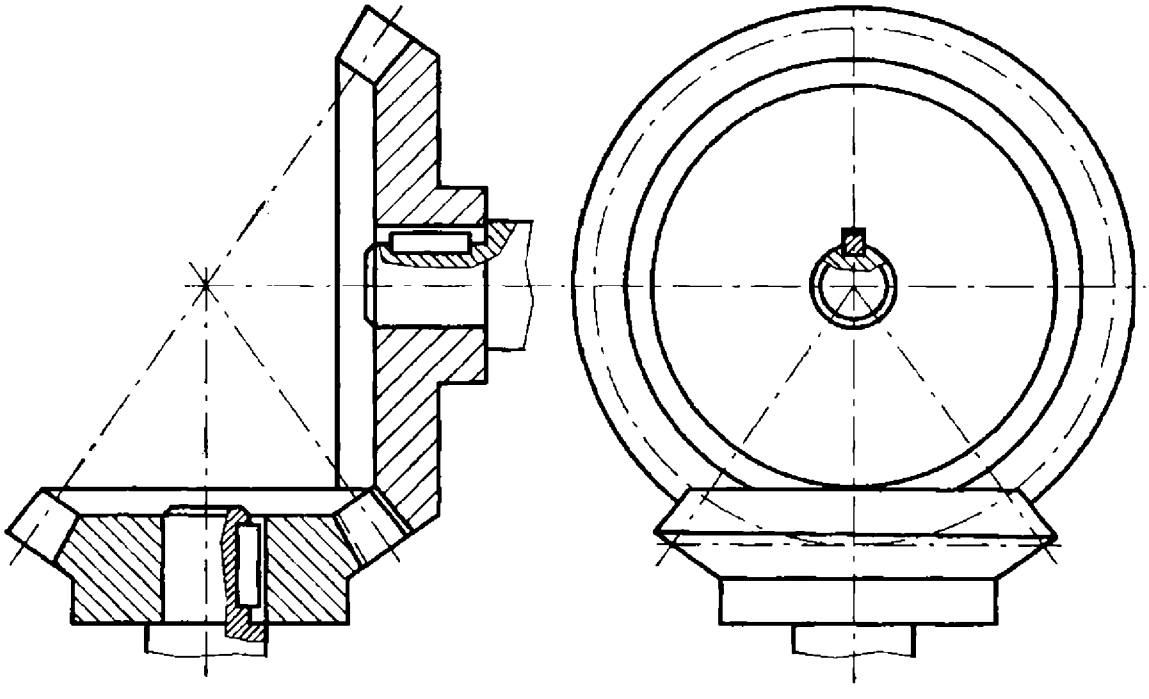


Рисунок 383

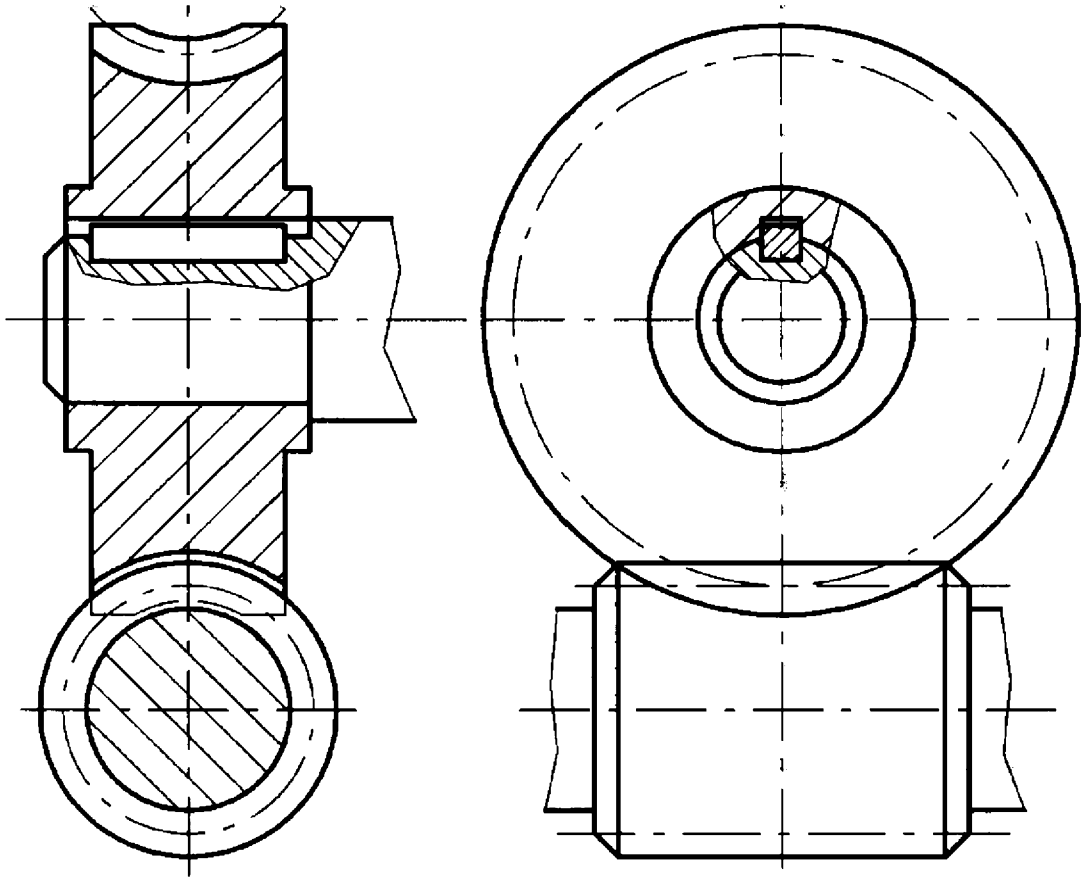


Рисунок 384

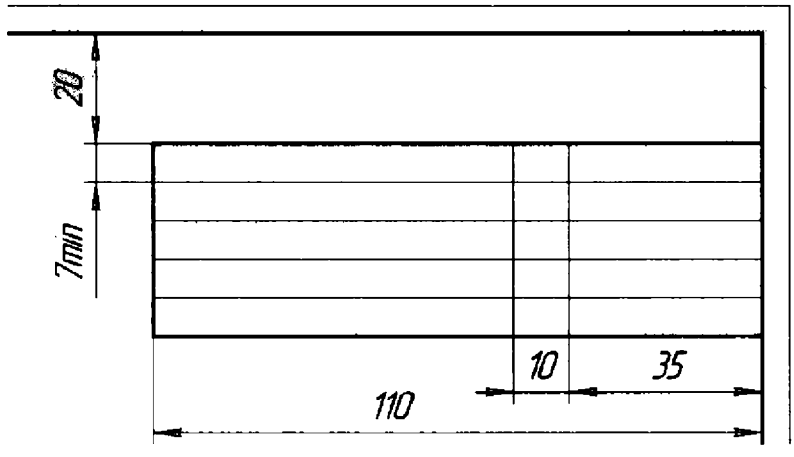


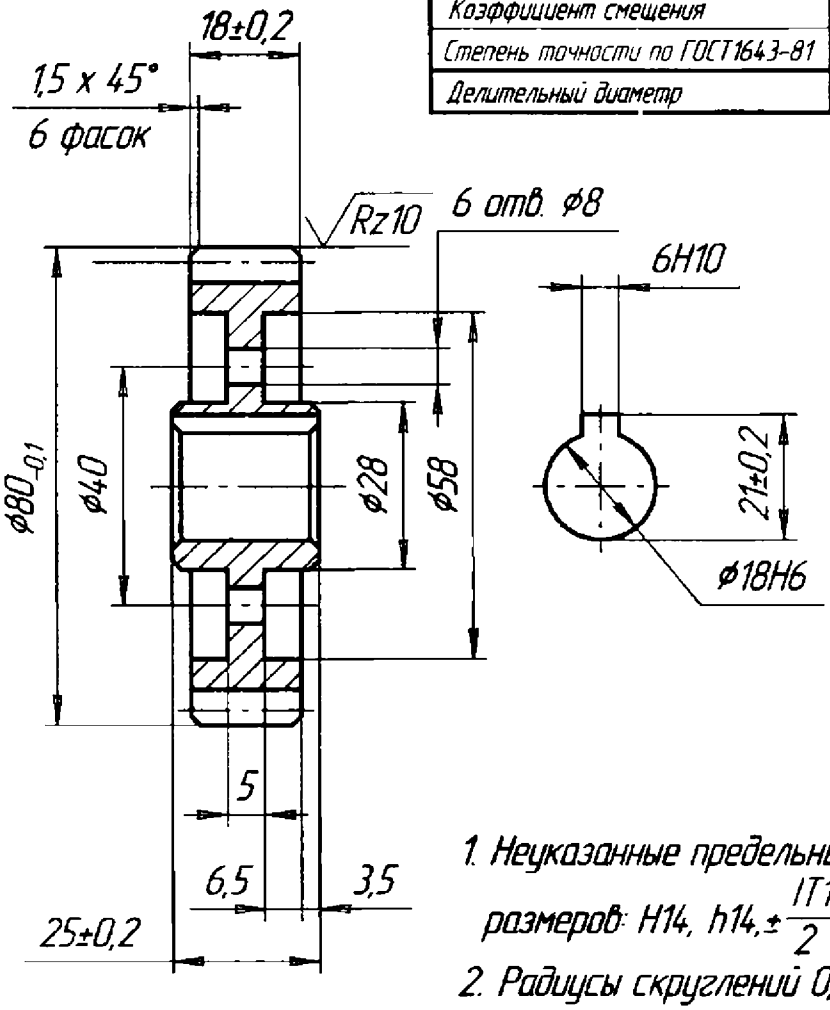
Рисунок 385

Правила выполнения изображений зацеплений в зубчатых передачах устанавливает ГОСТ 2.402—68. Общие термины, определения и обозначения в зубчатых передачах устанавливает ГОСТ 16530—83. Правила выполнения цилиндрических зубчатых колес устанавливает ГОСТ 2.403—75. Пример оформления чертежа цилиндрического зубчатого колеса приведен на рисунке 386. ГОСТ 2.405—75 устанавливает правила выполнения чертежей конических зубчатых колес. Пример выполнения чертежа конического зубчатого колеса приведен на рисунке 387. Правила выполнения чертежей цилиндрических червяков и червячных колес определяет ГОСТ 2.406—76. Примеры выполнения чертежей червяка и червячного колеса приведены на рисунках 388 и 389.

АВБ.210197.021

Rz20 (√)

Модуль	m	2,5
Число зубьев	z	30
Исходный контур	–	ГОСТ13755-81
Коэффициент смещения	x	0
Степень точности по ГОСТ1643-81	–	Ст. 8-7
Делительный диаметр	d	75



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14, $\pm\frac{IT14}{2}$.
2. Радиусы скруглений 0,2мм.

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

АВБ.210197.021

Колесо зубчатое

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Сталь45 ГОСТ1050-88

МГСУ Гр.26

Копировал

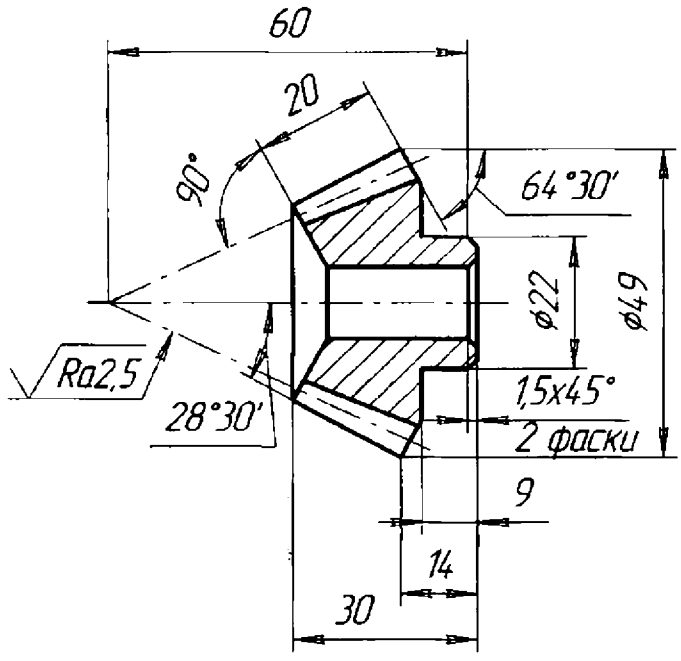
Формат А4

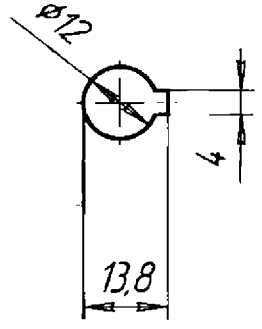
Рисунок 386

АВБ.210197.022

$\sqrt{Rz40}\ (\sqrt{})$

Внешний окружной модуль	m_e	2,5
Число зубьев	z	18
Тип зуба	–	Прямой
Исходный контур	–	ГОСТ13754-81
Коэффициент смещения	x_e	0
Угол делительного конуса	δ	25°30′





1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14, $\pm\frac{IT14}{2}$.
2. Радиусы скруглений 0,2мм.

Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата
Разраб				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

АВБ.210197.022

Колесо зубчатое

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Сталь 45 ГОСТ1050-88

МГСУ Гр.26

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

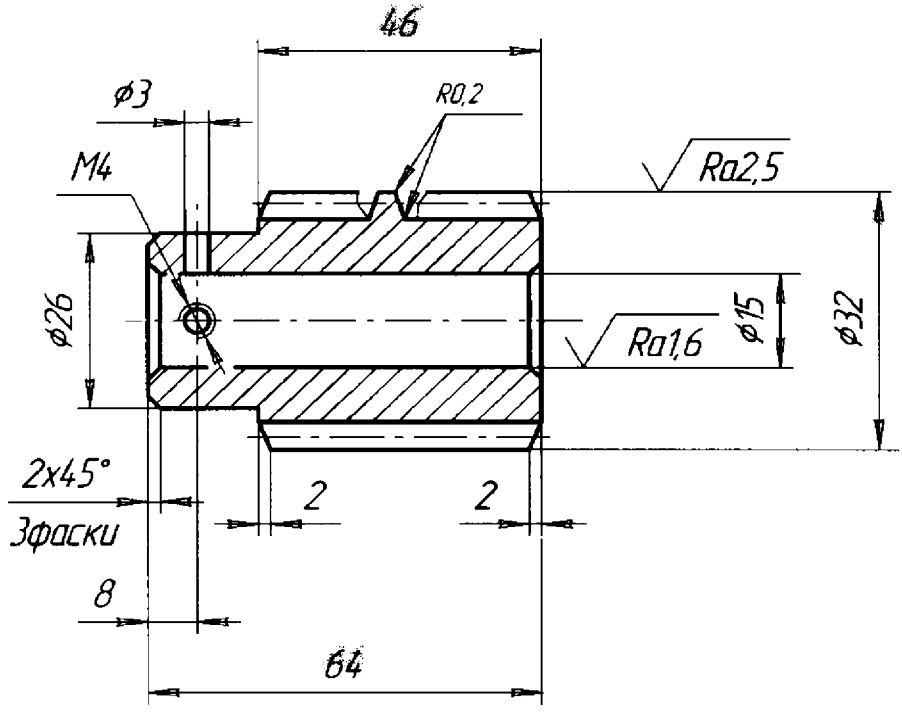
Инв. № подл.

Рисунок 387

АВБ.210197.023

$\sqrt{Rz20}\ (\sqrt{})$

Модуль	m	1
Число витков	z_1	4
Вид червяка	–	ZA
Направление витка	–	правое
Делительный диаметр червяка	d_1	30
Исходный червяк	–	ГОСТ20184-81



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14, $\pm\frac{IT14}{2}$.

2. Радиусы скруглений 0,2мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

АВБ.210197.023

Червяк

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Сталь45 ГОСТ1050-88

МГСУ ГР.26

Копировал

Формат А4

Перв. примен

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

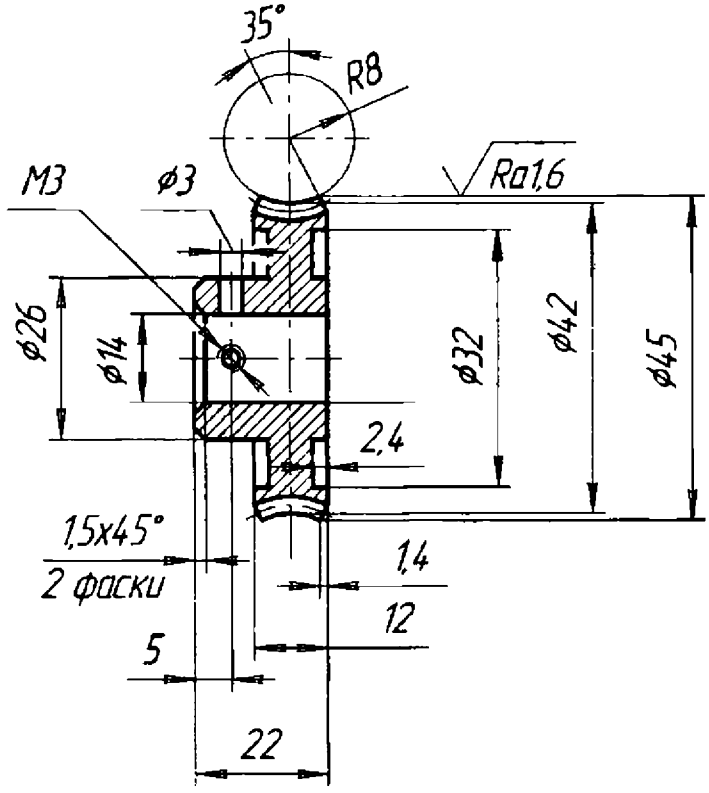
Инв. № подл.

Рисунок 388

АВБ.210197.024

$\sqrt{Rz20}\,(\sqrt{})$

Модуль	m	1
Число зубьев	z_2	40
Межосевое расстояние	a_w	30
Направление линии зуба	–	правое
Делительный диаметр черв. колеса	d_2	40
Исходный червяк	–	ГОСТ20184-81



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, $h14, \pm \frac{IT14}{2}$.

2. Радиусы скруглений 0,2мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

АВБ.210197.024

Колесо червячное

Лит	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Сталь45 ГОСТ 1050-88

МГСУ Гр.26

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Рисунок 389

В соответствии с ГОСТ 2.403—75 при выполнении рабочих чертежей зубчатых колес в правом верхнем углу чертежа выполняется таблица параметров, состоящая из трех частей, которые должны быть отделены друг от друга сплошными основными линиями (см. рисунок 385). Первая часть таблицы содержит основные данные для изготовления зубчатого колеса; вторая — данные для контроля размеров зуба; третья — справочные данные. На учебных чертежах обычно выполняются только первые графы первой части таблицы.

3.32 Подшипники

Подшипники служат для поддержки вращающихся валов и осей различных передач. От их конструкции в большой степени зависит точность и надежность работы передачи. Различают подшипники скольжения и качения. Недостаток подшипников скольжения — высокие потери на трение и сложность систем смазки. В современном машиностроении широкое применение находят подшипники качения, типы и размеры которых определяются соответствующими стандартами. Подшипники качения состоят из наружного и внутреннего колец, между которыми помещают тела качения в виде шариков или роликов и сепаратора, отделяющего тела качения друг от друга.

Существует много типов подшипников качения: по направлению воспринимаемой нагрузки — радиальные, упорные и радиально-упорные; по форме тела качения — шариковые, роликовые с цилиндрическими, коническими, бочкообразными и игольчатыми роликами; по числу рядов тел вращения — однорядные, двухрядные и многорядные, одинарные и двойные. Кроме того, их выпускают сверхлегкой, особо легкой, легкой, средней и тяжелой серий по диаметру, обозначаемых одной из цифр: 0, 8, 9, 1, 7, 2, 3, 4 и 5 в порядке увеличения размера наружного диаметра подшипника при одинаковом внутреннем диаметре.

На чертежах общих видов и сборочных чертежах подшипники качения в осевых разрезах изображаются, как правило, упрощенно по ГОСТ 2.420—69 без указания типа и особенностей конструкции. Контурное очертание подшипника здесь выполняется сплошными основными линиями по его контуру, внутри которого проводятся сплошными тонкими линиями диагонали (рисунок 390, *а*).

Если на чертеже общего вида и сборочном чертеже необходимо указать тип подшипника, то в контуре его изображения наносится условное графическое изображение по ГОСТ 2.770—68 (рисунок 390, *б*). В разрезах или сечениях подшипники допускается изображать в соответствии с рисунком 390, *в*. В этом случае конструкция подшипника обычно показывается упрощенно: фаски и сепараторы не изображаются.

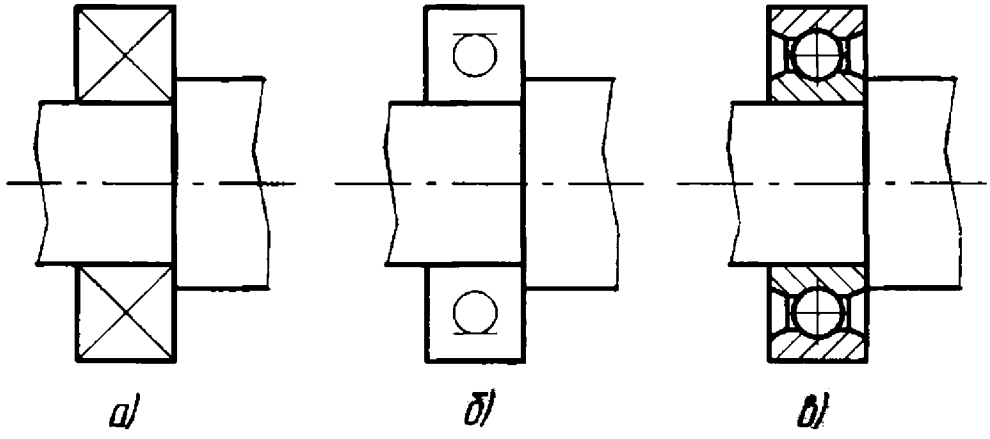
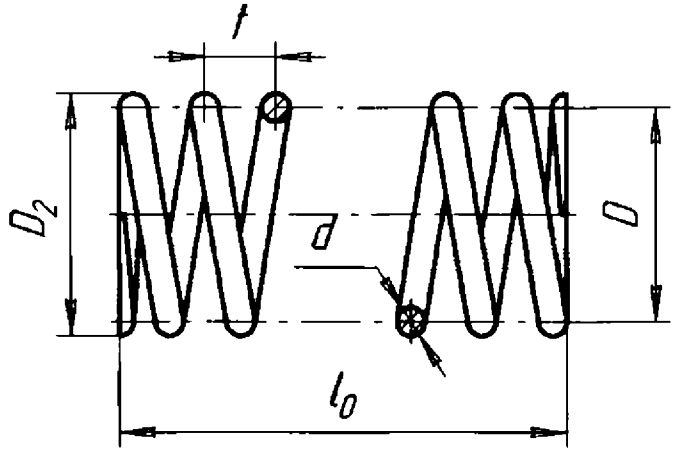


Рисунок 390

3.33 Чертежи пружин

Пружины используются для создания необходимого усилия в приборах и механизмах машин. В рабочем положении пружина деформируется — сжимается, растягивается или поворачивается. Возникшие при этом внутренние силы упругости, стремящиеся придать прежнюю форму пружине, создают требуемое усилие. По форме пружины можно разделить на винтовые цилиндрические и конические, пластинчатые, спиральные и тарельчатые. По условиям действия пружины разделяют на пружины сжатия, растяжения, кручения и изгиба. Поперечное сечение витка пружины может быть круглым или квадратным. ГОСТ 2.401—68 устанавливает условные изображения и правила выполнения чертежей пружин.

При вычерчивании винтовых пружин с числом витков более четырех показывают с каждого конца пружины 1—2 витка, кроме опорных. Остальные витки не изображают, а проводят осевые линии через центры сечений витков по всей длине пружины. Если диаметр проволоки на чертеже пружины 2 мм и менее, то пружину изображают линиями толщиной 0,6—1,5 мм.



t– шаг витков пружины,
d – диаметр проволоки.
D – средний диаметр пружины,
D_1 – внутренний диаметр пружины,
D_2 – наружный диаметр пружины,
l_0 – длина пружины в свободном состоянии

Рисунок 391

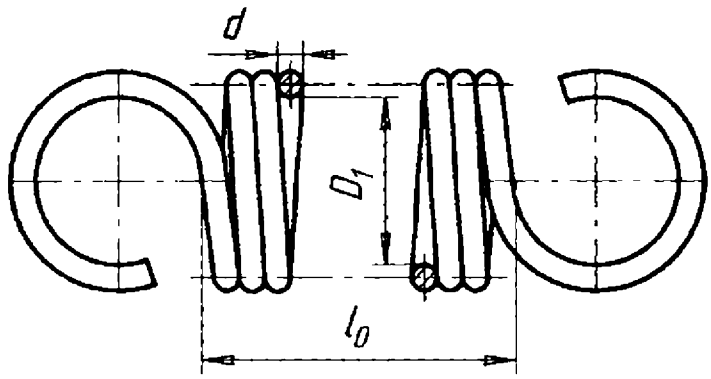


Рисунок 392

Все пружины на чертежах изображаются в свободном (ненагруженном) состоянии. На рисунке 391 изображена цилиндрическая винтовая пружина сжатия, а на рисунке 392 показана цилиндрическая винтовая пружина растяжения.

3.34 Правила выполнения схем

Схемами называются конструкторские документы, на которых составные части изделия, их взаимное расположение и связи между ними показаны в виде условных графических изображений.

ГОСТ 2.701—84 устанавливает виды и типы схем, их обозначение и общие требования к их исполнению.

Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяют на следующие ***виды***, которые обозначаются в конструкторских документах прописными буквами русского алфавита:

- электрические — Э;
- гидравлические — Г;
- пневматические — П;
- газовые — Х;
- кинематические — К;
- вакуумные —В;
- оптические — Л;
- энергетические — Р;
- деления — Е;
- комбинированные — С.

Схемы в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие ***типы***, которые обозначают цифрами:

- структурные — 1;
- функциональные — 2;
- принципиальные — 3;

– соединения — 4;

– подключения — 5;

– общие — 6;

– расположения — 7;

– объединенные — 0.

Код обозначения схемы должен состоять из буквенной части, определяющей вид схемы, и цифровой части, определяющей тип схемы.

Например, схема электрическая, принципиальная — Э3, схема гидравлическая соединений — Г4.

Структурная схема — схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи.

Функциональная схема — схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом.

Схема принципиальная — схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и дающая детальное представление о принципах работы изделия.

Схема соединений (монтажная) — схема, показывающая соединения составных частей изделия и определяющая провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.).

Схема подключений — схема, показывающая внешние подключения изделия.

Номенклатура схем на изделие должна определяться в зависимости от особенностей изделия. Количество типов схем на изделие должно быть минимальным, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия.

Форматы листов схем выбирают по ГОСТ 2.301—68, при этом основные форматы являются предпочтительными. Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею. Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают или учитывают приближенно. Графические обозначения элементов и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей. Расстояние (просвет) между двумя соседними линиями графического обозначения должно быть не менее 1 мм. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее

3 мм. Расстояние между отдельными условными графическими обозначениями должно быть не менее 2 мм.

Устройства, имеющие самостоятельную принципиальную схему, выполняют на схемах в виде фигуры (прямоугольника) сплошной линией, равной по толщине линиям связи. Функциональную группу или устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, выполняют на схемах в виде фигуры (прямоугольника) из контурных штрих-пунктирных линий, равных по толщине линиям связи.

Условные графические обозначения элементов изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения. Графические обозначения на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи. Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол кратный 45°. Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений. Линии связи в пределах одного листа, если они затрудняют чтение схемы, допускается обрывать. Обрывы линий связи заканчивают стрелками. Около стрелок указывают места обозначений прерванных линий, например, полярность, потенциал, давление и т. п. Элементы (устройства, функциональные группы), входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь обозначения в соответствии со стандартами на правила выполнения конкретных видов схем. Обозначения могут быть буквенные, буквенно-цифровые и цифровые.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. В него записывают все элементы, изображенные на схеме. Перечень элементов оформляют в виде таблицы, заполняемой сверху вниз (рисунок 393).

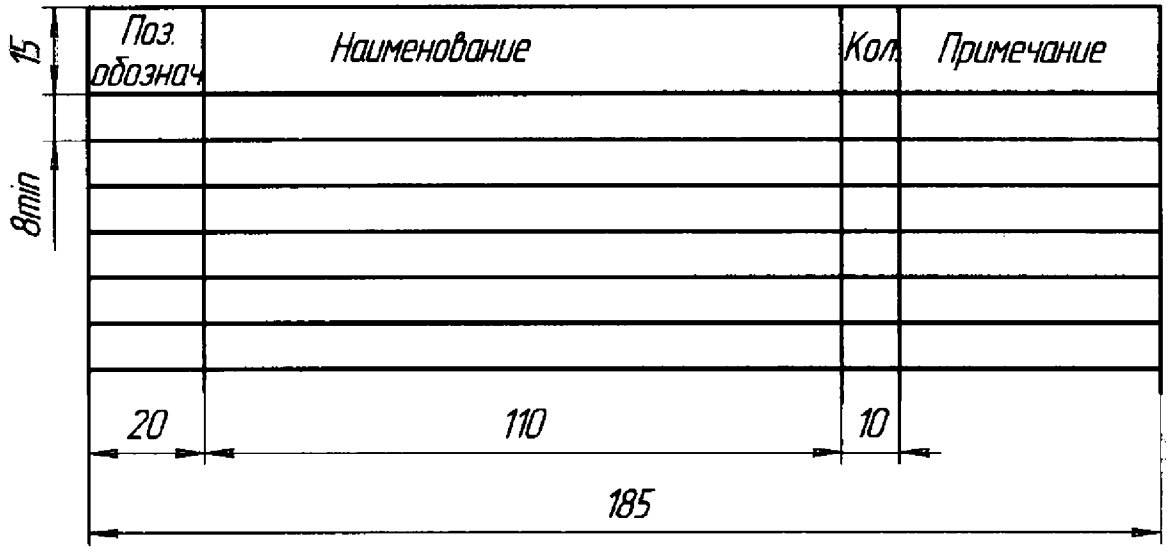


Рисунок 393

В графах таблицы указывают следующие данные:

- в графе «Поз. обозначение» — позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;
- в графе «Наименование» — для элемента (устройства) — наименование в соответствии с документом. на основании которого этот элемент применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, технические условия); — для функциональной группы — наименование;
- в графе «Примечание» — рекомендуется указывать технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании.

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают над основной надписью. Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

При выпуске перечня элементов в виде самостоятельного документа его код должен состоять из буквы «П» и кода схемы, к которой выпускают перечень, например, код перечня элементов к гидравлической принципиальной схеме — ПГ3. При этом в основной надписи (графа 1) указывают наименование изделия, а также наименования документа — «Перечень элементов». Перечень элементов записывают в спецификацию после схемы, к которой он выпущен. Перечень элементов в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по форме 2 и 2а ГОСТ 2.104—68 (см. рисунок 397).

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу «Поз. обознач.» вписывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например: R3, R4; C8—C12, а в графу «Кол.» — общее количество таких элементов. Если на схеме изделия имеются элементы, не входящие в устройства (функциональные группы), то при заполнении перечня элементов вначале записывают эти элементы без заголовка, а затем устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, и функциональные группы с элементами, входящими в них.

На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется назначением схемы. Такие сведения указывают либо около графических обозначений (справа или сверху от него), либо на свободном поле схемы. Около графических обозначений элементов и устройств помещают, например, номинальные значения их

параметров, а на свободном поле схемы — диаграммы, таблицы, текстовые указания. Содержание текста должно быть кратким и точным. Текстовые данные в зависимости от их содержания и назначения могут быть расположены:

— рядом с графическими обозначениями;
— внутри графических обозначений;
— над линиями связи;
— в разрыве линии связи;
— рядом с концами линий связи;
— на свободном поле схемы.

На схеме около условных обозначений элементов, требующих пояснения в условиях эксплуатации (например, переключатели, потенциометры, регуляторы и т. п.), помещают соответствующие надписи, знаки или графические обозначения. Надписи, знаки или графические обозначения, предназначенные для нанесения на изделие, на схеме заключают в кавычки.

Оптические схемы должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ГОСТ 2.412—81. Оптические детали и сборочные единицы следует изображать на схеме по ходу луча (слева направо).

При выполнении схем оптических изделий необходимо применять следующие обозначения:

— схем оптических — по ГОСТ 2.701—84;
— основных величин физической оптики — по ГОСТ 26148—84;
— основных величин геометрической оптики — по ГОСТ 7427—76.

На оптической схеме должны быть изображены:

— оптические элементы изделия;
— источники излучения (упрощенно или условными графическими обозначениями);
— приемники лучистой энергии, например, фотоэлементы, фотоумножители (условными графическими обозначениями).

Элементы, поворачивающиеся или перемещающиеся вдоль или перпендикулярно оси, следует показывать в основном рабочем положении.

Кроме того, на оптической схеме следует указывать:

— положение диафрагм;
— положение зрачков (при необходимости);
— положение фокальных плоскостей, плоскостей изображения, плоскостей предмета (при необходимости);
— положение экранов, светорассеивающих плоскостей (при необходимости).

Номера позиций элементам схемы следует присваивать по ходу луча. Если в схему изделия входит элемент, имеющий самостоятельную принципиальную схему (расчет оптических величин), то его следует изобразить упрощенно, обвести штрих-пунктирной линией и указать

размеры, определяющие его положение. Повторяющимся элементам необходимо присваивать один и тот же номер позиции. Данные об элементах должны быть указаны в таблице (рисунок 394).

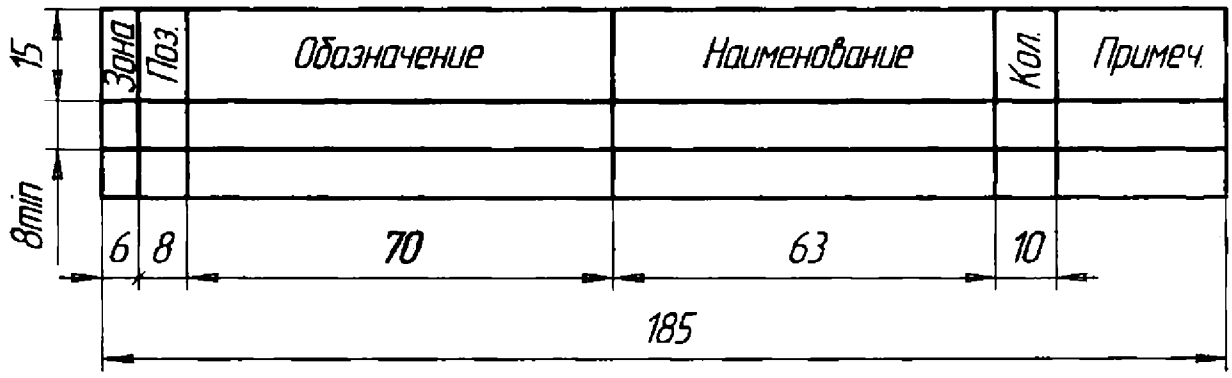


Рисунок 394

На принципиальной оптической схеме следует помещать основные оптические характеристики изделия в виде записи на поле схемы или таблицы произвольной формы, а также фокусное расстояние f' и расстояние SF и $S'F'$ отдельных сборочных единиц оптической системы. Эти данные следует помещать на поле схемы в таблице произвольных размеров.

На оптической схеме в зависимости от типа следует указывать:

- диаметры диафрагм, размеры зрачков;
- воздушные промежутки и другие размеры по оси, определяющие взаимное расположение оптических элементов, диафрагм, зрачков, фокальных плоскостей, плоскостей изображения и плоскостей предмета, источников излучения и приемников энергии;
- размеры, определяющие положение оптической системы относительно механических частей прибора;
- габаритные или установочные размеры, например, длину базы, высоту выноса и т. п.

Пример выполнения оптической схемы приведен на рисунке 395.

На ***электрических схемах*** элементы (устройства, функциональные группы), входящие в изделие, должны иметь буквенные, буквенно-цифровые или цифровые обозначения. Типы условных буквенно-цифровых обозначений и правила их построения устанавливает ГОСТ 2.710—81.

Позиционное обозначение элемента в общем случае состоит из трех частей, указывающих вид, номер и функцию элемента и записываемых без разделительных знаков и пробелов. Вид и номер являются обязательной частью условного буквенно-цифрового обозначения и присваиваются всем элементам и устройствам объекта. Указание функции элемента не является обязательным. Буквенные коды элементов приведены в таблице 51. Элементы разбиты по видам на группы, имеющие обозначения из одной буквы. Для уточнения вида элементов применяют двухбуквенные коды.

Рисунок 395

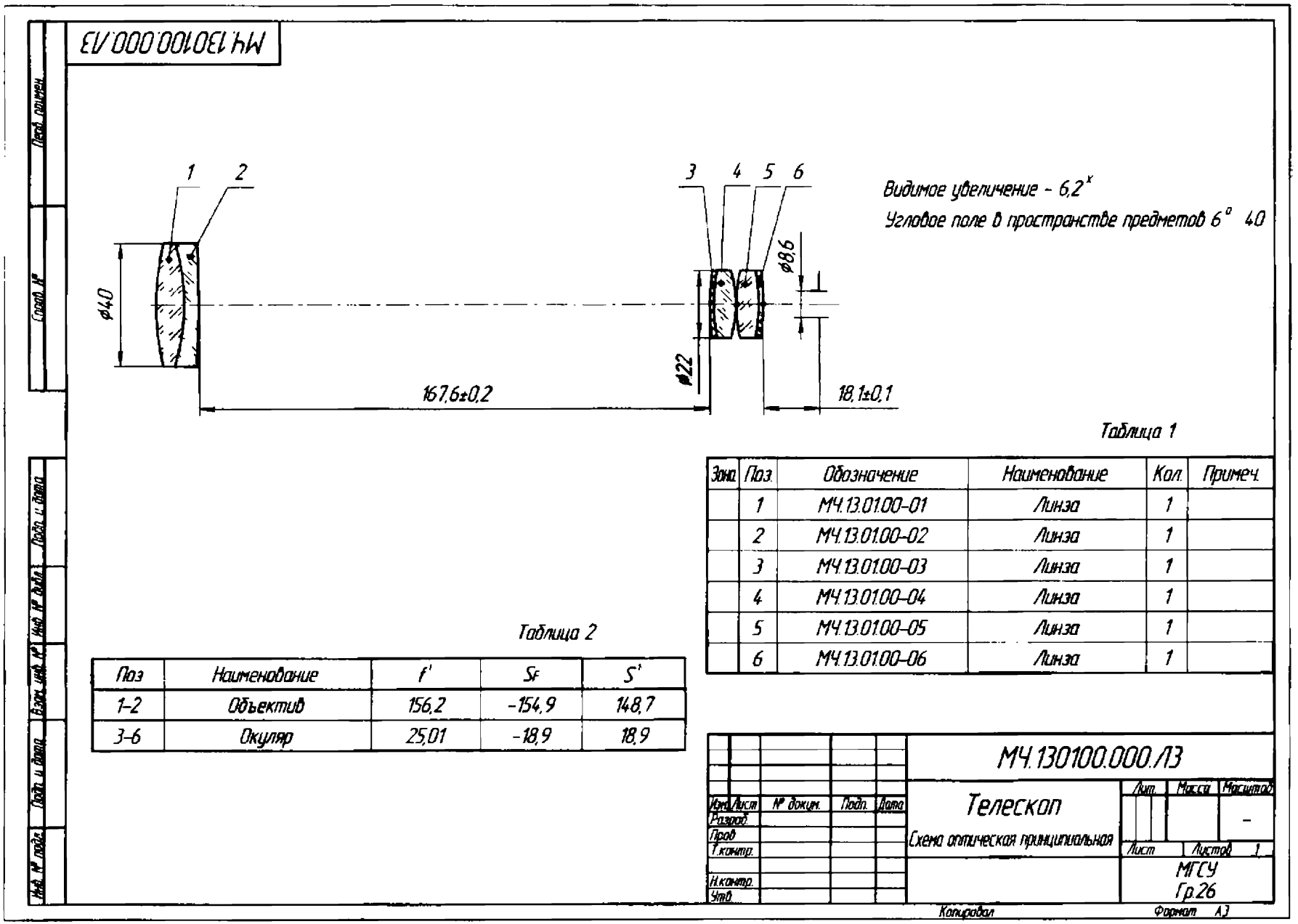

МЧ.130100.000.Л3
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
1
2
3
4
5
6
ø40
ø22
ø8,6
16
7,6±0,2
18,1±0,1
Видимое увеличение - 6,2ˣ
Угловое поле в пространстве предметов 6° 40
Таблица 1
Зона
Поз.
Обозначение
Наименование
Кол.
Примеч.
1
МЧ.13.01.00-01
Линза
1
2
МЧ.13.01.00-02
Линза
1
3
МЧ.13.01.00-03
Линза
1
4
МЧ.13.01.00-04
Линза
1
5
МЧ.13.01.00-05
Линза
1
6
МЧ.13.01.00-06
Линза
1
Таблица 2
Поз
Наименование
f'
Sf
S'
1-2
Объектив
156,2
-154,9
148,7
3-6
Окуляр
25,01
-18,9
18,9
МЧ.130100.000.Л3
Изм. Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Телескоп
Схема оптическая принципиальная
Лит.
Масса
Масштаб
-
Лист
Листов 1
МГСУ
Гр.26
Копировал
Формат А3

Таблица 51 — Буквенные коды элементов

Первая буква кода	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
A	Устройства (общее назначение)	Усилители, приборы телеуправления, лазеры	
B	Преобразователи	Громкоговоритель Сельсин-приемник Сельсин-датчик Телефон Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Звукосниматель Датчик скорости	**BA** **BE** **BC** **BF** **BL** **BM** **BP** **BQ** **BS** **BV**
C	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная цифровая Устройства хранения информации Устройства задержки	DA DD DS DT
E	Элементы разные	Нагревательный элемент Лампа осветительная	EK EL
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Предохранитель плавкий	FU
G	Генераторы, источники питания	Генератор синхронный Батарея	GS GB
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Прибор световой сигнализации	HA HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	KA KM KT KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели переменного и постоянного тока	Двигатель синхронный	MS
P	Приборы и измерительное оборудование	Амперметр Частотомер Омметр Часы Вольтметр Ваттметр	PA PF PR PT PV PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях		

Продолжение таблицы 51

Первая буква кода	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	RK RP RS RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель, переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический	SA SB SF
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	TA TS TV
U	Устройства связи		
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Линии и элементы СВЧ. Антенны	Антенна	WA
X	Соединения контактные	Штырь Гнездо Соединитель высокочастотный Скользящий контакт	XP XS XW XA
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Муфта с электромагнитным приводом	YA YC
Z	Устройства оконечные, фильтры. Ограничители	Фильтр кварцевый Сельсин	ZQ ZZ

Электрические элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических изображений, установленных стандартами ЕСКД или построенных на их основе. Стандартные условные графические изображения элементов выполняют по размерам, указанным в соответствующих стандартах. Графические изображения, соотношение размеров которых приведены в соответствующих стандартах на модульной сетке, приводят на схемах в размерах, определяемых количеством шагов (клеток) модульной сетки. Размер модуля (десять клеток на десять клеток) основной фигуры в миллиметрах выбирают из ряда: 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Поэтому размер в миллиметрах шага модульной сетки (одной клетки) равен одной десятой размера модуля. Например, если конструктор выбрал модуль двадцать миллиметров, а условное изображение элемен-

та в стандарте равно четырем клеткам, то размер этого элемента на схеме будет равен восьми миллиметрам. Шаг модульной сетки должен быть одинаковым для всех элементов и устройств данной схемы.

Стандарты ЕСКД седьмой группы устанавливают условные графические обозначения и изображения элементов на схемах:

- ГОСТ 2.701—84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;
- ГОСТ 2.702—75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем;
- ГОСТ 2.708—81 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники;
- ГОСТ 2.710—81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах;
- ГОСТ 2.721—74 ЕСКД. Обозначение условные графические в схемах. Обозначения общего применения;
- ГОСТ 2.722—68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические;
- ГОСТ 2.723—68ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители;
- ГОСТ 2.727—68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители;
- ГОСТ 2.728—74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы;
- ГОСТ 2.729—68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные;
- ГОСТ 2.730—73 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые;
- ГОСТ 2.732—68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света;
- ГОСТ 2.741—68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические;
- ГОСТ 2.743—91 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники;
- ГОСТ 2.747—68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений;
- ГОСТ 2.755—87 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения;
- ГОСТ 2.756—76 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств;
- ГОСТ 2.768—90 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические, электротермические и тепловые;

– ГОСТ 2.770—68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики.

ГОСТ 2.702—75 устанавливает правила выполнения *электрических* схем.

На ***структурной схеме*** изображают все основные функциональные части изделия и основные взаимосвязи между ними. Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольника или условных графических обозначений. Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей изделия. На линиях взаимосвязей рекомендуется стрелками обозначать направление хода процессов, происходящих в изделии. На схеме должны быть указаны наименования каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применен прямоугольник.

На ***функциональной схеме*** изображают функциональные части изделия, участвующие в процессе, иллюстрируемой схемой, и связи между этими частями. Функциональные части между ними на схеме изображают в виде условных графических обозначений. Отдельные функциональные части допускается изображать в виде прямоугольников. Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности процессов, иллюстрируемых схемой. Для каждой функциональной группы, устройства и элемента на схеме должны быть указаны их наименования, обозначение документа, на основании которого они применены, позиционное обозначение, присвоенное им на принципиальной схеме.

На ***принципиальной схеме*** (рисунок 396) изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положении. Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД. Элементы и устройства изображают на схемах совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно. Для упрощения схемы, допускается несколько электрически не связанных линий связи сливать в линию групповой связи, но при подходе к контактам (элементам) каждую линию связи изображают отдельной линией. При слиянии линий связи каждую линию помечают в

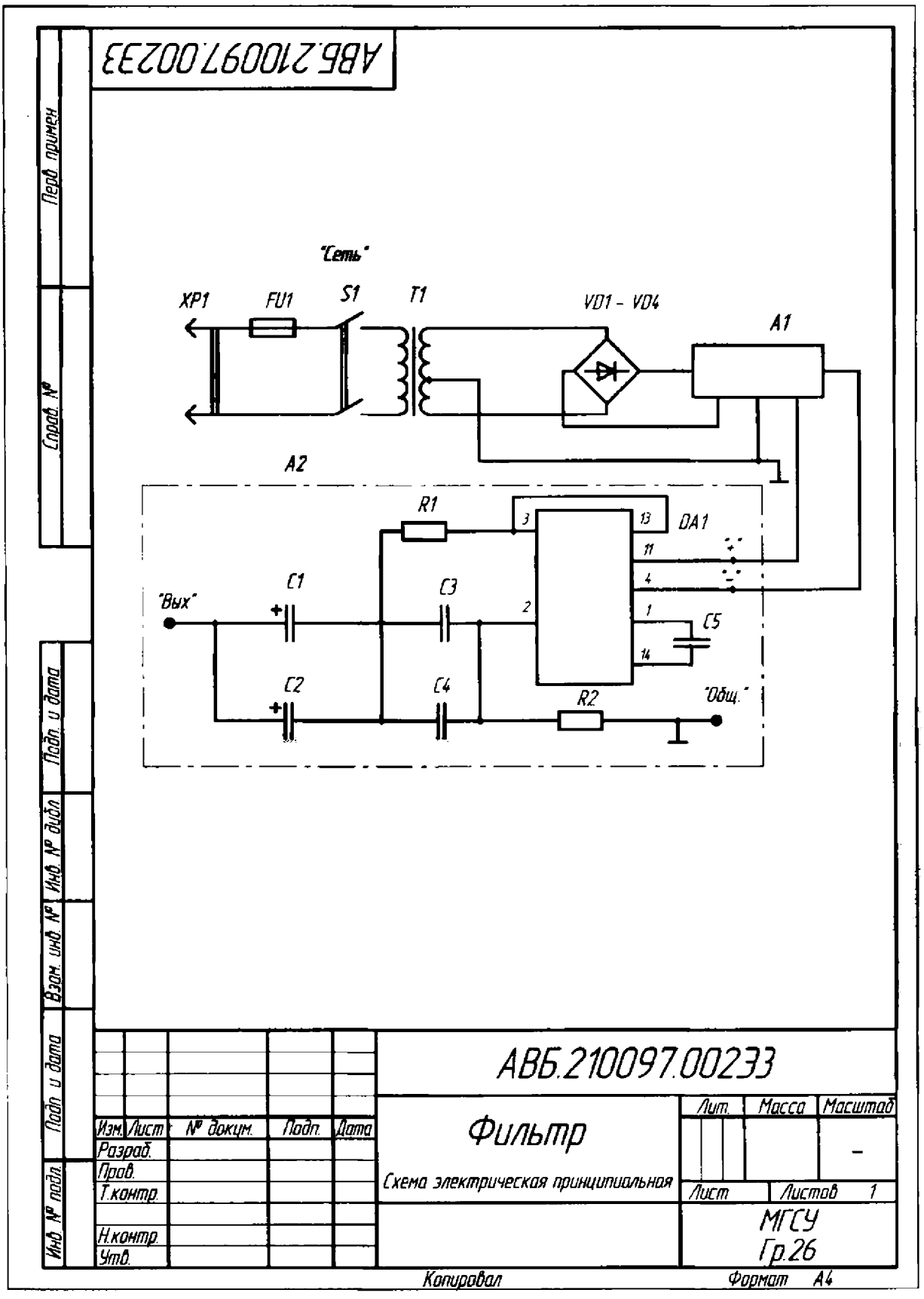

АВБ.210097.00233
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
"Сеть"
XP1
FU1
S1
T1
VD1 – VD4
A1
A2
R1
DA1
C1
C3
C5
C2
C4
R2
"Вых"
"Общ."
АВБ.210097.00233
Фильтр
Схема электрическая принципиальная
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Лит. Масса Масштаб
Лист Листов 1
МГСУ
Гр.26
Копировал
Формат А4

Рисунок 396

месте слияния, а при необходимости, и на обоих концах условными обозначениями (цифрами, буквами и т. п.). Линии электрической связи, сливаемые в линию групповой связи, как правило, не должны иметь разветвлений, т. е. всякий условный номер должен встречаться на линии групповой связи два раза.

Позиционные обозначения элементам следует присваивать в пределах изделия.

Порядковые номера элементам следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например, R1, R2, R3 и т. д., C1, C2, C3 и т. д.

Порядковые номера должны быть присвоены в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме сверху вниз в направлении слева направо. Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условным графическим обозначением элемента с правой стороны или над ним. На схеме изделия, в состав которого входят устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, допускается позиционные обозначения элементам присваивать в пределах каждого устройства.

На схеме изделия, в состав которого входят функциональные группы, вначале присваивают позиционные обозначения элементам, не входящим в функциональные группы, а затем элементам, входящим в функциональные группы.

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в состав изделия и изображенные на схеме. Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов, нанесенные на изделие или установленные в их документации. Характеристики входных и выходных цепей изделия, а также адреса их внешних подключений рекомендуется записывать в таблицы, помещаемые взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов — соединителей, плат и т. д. Каждой таблице присваивают позиционное обозначение элемента, взамен условного графического обозначения которого она помещена. Над таблицей допускается указывать условное графическое обозначение контакта — гнезда или штыря. Таблицы допускается выполнять разнесенным способом. Порядок расположения контактов в таблице определяется удобством построения схемы. На поле схемы допускается помещать указания о марках, сечениях и расцветках проводов и кабелей, которыми должны быть выполнены соединения элементов, а также указания о специфических требованиях к электрическому монтажу данного изделия.

На ***схеме соединений*** должны быть изображены все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы

Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Стабилизатор УК4.135.027	1	
FU1	Предохранитель ПМ-0,15А НИО.481.017	1	
S1	Переключатель сети ПКн-41-1-2		
	дА3.600.000 Ю60.360.000ТУ	1	
T1	Трансформатор ТС 12-1 АГО.470.301ТУ	1	
VD1-VD4	Диод КД105А ТР3.362.060ТУ	4	
XP1	Шнур УЛ4.860.004	1	
	А2 Фильтр		
C1	Конденсатор К53-14-16В-0,68мкФ±10%		
	ОЖО.464.139ТУ	1	
C2	Конденсатор К53-14-16В-6,8мкФ±10%		
	ОЖО.464.139ТУ	1	
C3	Конденсатор К73-9-100В-0,015мкФ±10%		
	ОЖО.461.087ТУ	1	
C4	Конденсатор К73-9-100В-0,1мкФ±10%		
	ОЖО.461.087ТУ	1	
C5	Конденсатор К10-7В-П33-22пФ±10%		
	ОЖО.460.208ТУ	1	
DA1	Микросхема К157УД2 бК0.348.412ТУ	1	
R1	Резистор С1-4-0,125-510 Ом±10%-25		
	АПШК.434.110.001ТУ	1	
R2	Резистор С1-4-0,125-100кОм±10%		
	АПШК.434.110.001ТУ	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Н.контр.				
Утв.				

АВБ.210097.097ПЭ3

Фильтр

Перечень элементов

Лит	Лист	Листов
		1

МГСУ
Гр.26

Копировал

Формат А4

Рисунок 397

(соединители, платы, зажимы), а также соединения между этими устройствами и элементами.

На схеме около графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме. На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов, нанесенные на изделие или установленные в их документации. Для упрощения начертания схемы допускается сливать отдельные провода или кабели, идущие на схеме в одном направлении в общую линию. При подходе к контактам каждый провод и жилу кабеля изображают отдельной линией. На схеме должны быть указаны марка, сечение, расцветка (при необходимости) проводов.

Если на схеме не указаны места присоединений (например, не показаны отдельные контакты в изображении соединителей) или затруднено отыскание мест присоединения проводов и жил кабеля, то данные о проводах, жгутах и кабелях и адреса их соединений сводят в таблицу, именуемую «Таблицей соединений».

На ***схеме подключений*** должны быть изображены изделие, его входные и выходные элементы (соединители, зажимы и т. п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристики внешних цепей и адреса). Изделие на схеме изображают в виде прямоугольника, а его входные и выходные элементы — в виде условных графических обозначений. На схеме должны быть указаны позиционные обозначения входных и выходных элементов, присвоенные им на принципиальной схеме изделия.

Вопросы для самопроверки

1. Какие конструкторские документы называются схемами?
2. На какие виды и типы подразделяются схемы?
3. Что изображается на принципиальной схеме?
4. Что такое условное графическое обозначение элемента схемы?
5. В каких размерах вычерчивают на схемах стандартные условные обозначения элементов?
6. В каких размерах вычерчивают на схемах условные обозначения элементов, если в стандарте они изображены на модульной сетке?
7. Где размещается на схеме перечень элементов?
8. В каком порядке присваиваются номера позиций элементам на оптической схеме?
9. Стандарты какой группы ЕСКД устанавливают условные графические обозначения в схемах?
10. Как присваиваются порядковые номера элементам на электрических принципиальных схемах?
11. Как оформляется перечень элементов, если он выполнен отдельным документом?

3.35 Правила составления текстовых документов

В учебном процессе студенту часто приходится разрабатывать *текстовые конструкторские документы.*

В производстве текстовые документы подразделяются на документы, содержащие в основном сплошной текст (технические условия, технические описания, паспорта, расчеты, пояснительные записки, инструкции и т. п.), и документы, содержащие текст, разбитый на графы (спецификации, ведомости, таблицы и т. п.).

В учебном процессе для дипломных и курсовых проектов, выполнение которых носит исследовательский, конструкторский или технологический характер, это текстовый конструкторский документ — *пояснительная записка* (*ПЗ*), правила и формы выполнения которой устанавливает ГОСТ 2.106—96 «ЕСКД. Текстовые документы» и ГОСТ 2.105—95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам».

При изучении большинства технических и гуманитарных дисциплин студент выполняет *реферат* — краткое и точное изложение содержания изученной литературы, включающее основные фактические сведения и выводы. Общие требования к реферату изложены в ГОСТ 7.9—95 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования».

При выполнении курсовой работы, содержание которой может носить реферативный, практический или опытно-экспериментальный характер студент также составляет *пояснительную записку* (*ПЗ*), оформленную по ГОСТ 2.105—95.

Далее в этой главе рассматриваются правила составления выше указанных учебных документов, приводятся примеры.

Построение и изложение текста пояснительной записки для курсового и дипломного проекта

Пояснительная записка (*ПЗ*) — текстовый конструкторский документ, содержащий описание устройства и принцип действия разрабатываемого изделия, а так же обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений (ГОСТ 2.106—96).

Пояснительную записку составляют по правилам, изложенным в настоящем учебном пособии, на листах формата А4, а необходимые схемы, таблицы, и чертежи допускается выполнять в документе или приложениях к документу на листах любых форматов, установленных стандартом.

Выполнение основной надписи пояснительной записки и заполнение граф в ней для листа, следующего за титульным листом, производят по ГОСТ 2.104—88 — по форме 2 (см. рисунок 400) и по форме 2а для всех остальных последующих листов.

В строке «Разработал» всегда записывают фамилию студента; в строке «Проверил» — фамилию преподавателя, принимающего курсовой проект, или фамилию руководителя дипломного проекта; в строке «Утвердил» — фамилию заведующего кафедрой (только для дипломного проекта); в свободной строке (между строкой «Проверил» и «Н. Контроль») при выполнении дипломного проекта записывают фамилию рецензента. Строку заполняют по форме: «Реценз.».

Консультанты по экономической, экологической, технологической и другим частям дипломного проекта ставят свою подпись на первом листе экономической, экологической, технологической или другой части дипломного проекта соответственно.

Пояснительная записка в общем случае должна состоять из следующих разделов:

- ведение;
- наименование и область применения проектируемого изделия;
- техническая характеристика;
- описание и обоснование выбранной конструкции;
- расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции;
- описание организации работ с применением разрабатываемого изделия;
- ожидаемые технико-экономические показатели;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

В зависимости от особенностей изделия и характера выполнения работы отдельные разделы пояснительной записки допускается объединять или исключать, а также вводить новые разделы.

По объему пояснительная записка курсового проекта должна содержать не менее 20, а дипломного проекта не менее 40 листов печатного текста.

Правила составления реферата и отчета по курсовой работе

Реферат и *отчет по курсовой работе* составляют по правилам, изложенным в настоящем учебном пособии, на листах формата А4 (без полей и основной надписи), а необходимые схемы, таблицы, и чертежи допускается выполнять в документе или приложениях к документу на листах любых форматов, установленных стандартом.

Текст документа должен отличаться лаконичностью, четкостью, убедительностью формулировок. В тексте документа следует применять стандартную терминологию. Единицы физических величин следует приводить в международной системе СИ по ГОСТ 8.417—81.

Таблицы, формулы, чертежи, рисунки, схемы, диаграммы включают в документ в случае необходимости, если они раскрывают основное содержание документа.

По структуре реферат и курсовая работа могут состоять из следующих структурных элементов:

- введение;
- теоретическая часть;
- основная часть;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

В зависимости от особенностей учебной дисциплины, тематики реферата и курсовой работы и характера выполнения работ отдельные структурные элементы документа допускается объединять или исключать, а также вводить новые.

Основное содержание документа, раскрывающее заданную тематику, должно находиться в структурном элементе *основная часть*, имеющем разделы и, при необходимости, подразделы.

По объему реферат может содержать 8—12 листов, а курсовая работа — 15—20 листов печатного текста.

Общие положения и требования

Текст документа должен быть выполнен машинописным, рукописным способом или с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков — не менее 2,5 мм.

При этом необходимо соблюдать следующие отступы от края листа (*параметры страницы* при компьютерном наборе): правый и верхний — 10 мм, нижний — 20 мм, левый — 25 мм.

В тексте документа разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, применяя шрифты разной гарнитуры.

В тексте документа должны быть четкие, нерасплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики).

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

Расстояние от рамки формы до границ текста документа в начале и в конце строк должно быть не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки формата должно быть соответственно не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15—17 мм.

Структурные элементы документа

Структурными элементами текстового документа являются:
- *титульный лист*;
- содержание;
- *введение*;
- наименование и область применения проектируемого изделия;
- техническая характеристика;
- *основная часть*;
- описание и обоснование выбранной конструкции;
- расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции;
- научно-методическая часть;
- ожидаемые технико-экономические показатели;
- описание организации работ с применением разрабатываемого изделия;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

Обязательные структурные элементы выделены курсивом. Остальные структурные элементы включаются в документ по усмотрению исполнителя документа. В зависимости от особенностей изделия и характера выполнения работы отдельные структурные элементы допускается объединять или исключать, а также вводить новые.

Требования к содержанию структурных элементов документа

Титульный лист является первым листом документа, и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа.

Пример выполнения титульного листа для дипломного и курсового проекта приведен на рисунке 398, для реферата — на рисунке 399.

Титульный лист выполняют на листах формата А4 ГОСТ 2.301—68 (210 × 297 мм) без основной надписи. Для дипломного и курсового проектов выполняются поля (20 мм — слева, по 5 мм — сверху, справа и слева) для курсовой работы и реферата поля допускается не выполнять.

Номер страницы на титульном листе не проставляется.

Подписи, указанные в основной надписи заглавного листа документа не должны повторяться на титульном листе. В примере на рисунке 398 наименование изделия выполняют прописными буквами. Назва-

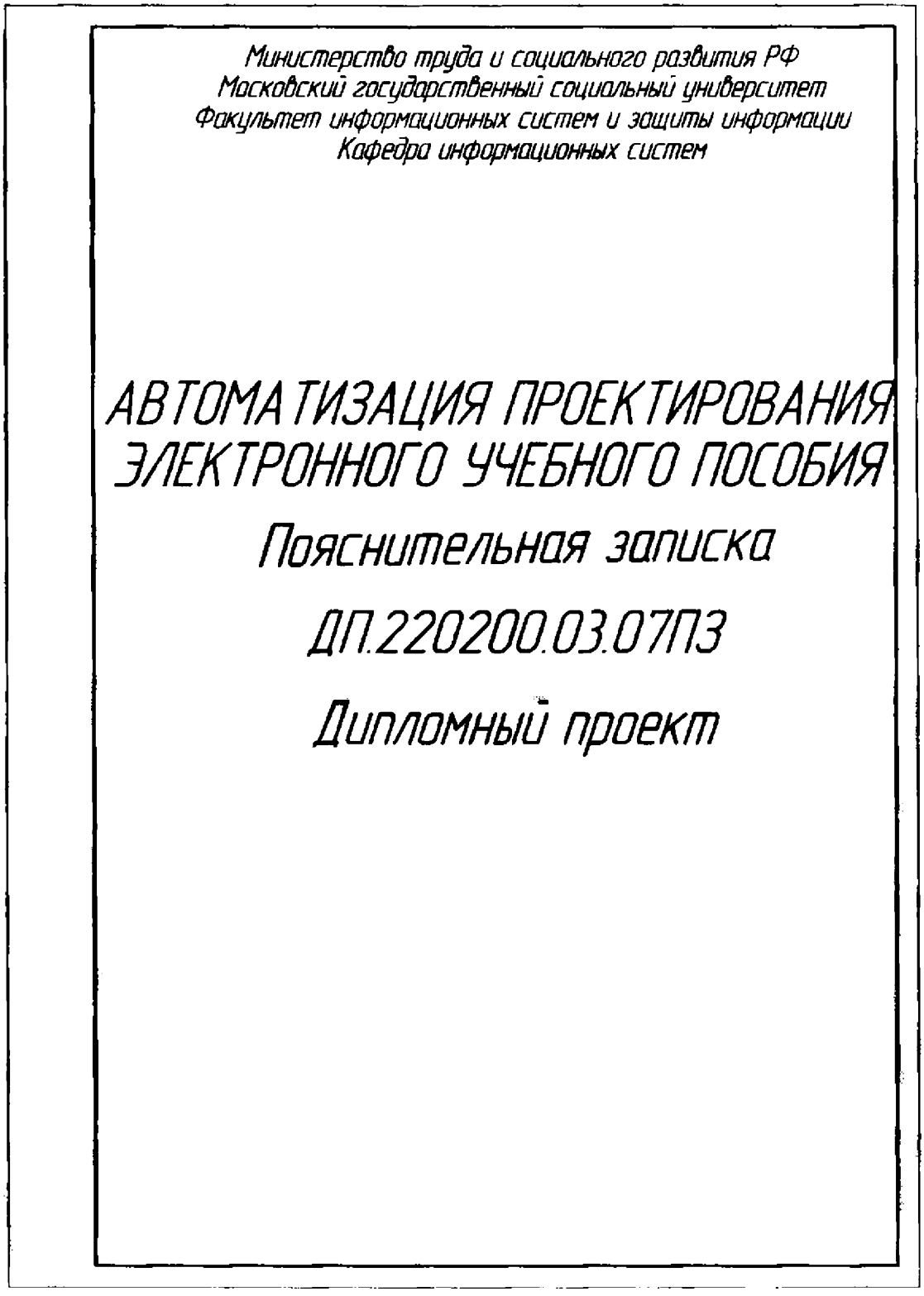


Рисунок 398

ние работы и наименование документа, на который составляется титульный лист, т. е. надписи «Пояснительная записка», «Дипломный проект», «Курсовой проект» — строчными буквами шрифта того же размера, за исключением первых букв, которые выполняют прописными.

В буквенно-цифровом коде ДП.220200.03.07ПЗ цифры и буквы означают:

— ДП — дипломный проект (КП — курсовой проект);

— 220200 — шифр специальности;

Министерство труда и социального развития РФ
Московский государственный социальный университет
Факультет информационных систем и защиты информации
Кафедра информационных систем

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Реферат по экологии

Выполнил студент гр. АСУД-4-1
Смирнов И.И.

_____ *(подпись)*
20.03.2003

Принял преподаватель
Петров А.А.

_____ *(оценка)*
_____ *(подпись)*
21.03.2003

Рисунок 399

– 03 — последние две цифры года выпуска документа (2003 год);
– 07 — порядковый номер фамилии студента в списке группы, или номер варианта;
– ПЗ — код пояснительной записки.

В примере на рисунке 399 тему работы выполняют прописными буквами. Название работы и дисциплины «Реферат по экологии» — строчными буквами шрифта того же размера, за исключением первой буквы, которая выполняется прописной.

Подписи и даты подписания должны быть выполнены только черными чернилами или тушью.

Элементы даты приводят арабскими цифрами в одной строке в следующей последовательности: день месяца, месяц, год, например: 20.03.2003.

Содержание

Содержание включает все структурные элементы документа, которые входят в его состав (введение, наименование всех разделов и подразделов основной части, заключение, список литературы, приложения) с указанием номеров листов, с которых начинаются эти элементы документа.

Содержание составляют, как правило, на документ, объем которого превышает 10 листов.

Содержание помещают на листе, следующем после титульного и, при необходимости, на последующих листах. Слово «Содержание» записывают в виде заголовка симметрично тексту с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы и абзацного отступа.

Пример оформления листа содержания для курсового и дипломного проекта приведен на рисунке 400.

Номера разделов и подразделов по тексту документа и в содержании должны совпадать.

Структурные элементы документа: введение, заключение, список литературы, приложения — номеров разделов не имеют.

Список литературы

В конце текстового документа допускается приводить список литературы, которая была использована при его составлении. Список литературы составляют в алфавитном порядке и включают в содержание документа. Список литературы должен иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1—84 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библио-

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Содержание

Лист

Введение ----------2
1 Область применения----------3
2 Общие положения----------4
3 Требования к текстовым документам ----------6
3.1 Построение документа ----------8
3.2 Изложение текста документа----------11
4 Требования к оформлению титульного листа ----14

Заключение ----------40
Список литературы----------42
Приложение А ----------43

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП.220200.03.07ПЗ		
Разраб.		Иванов			Автоматизация проектирования электронного учебного пособия Пояснительная записка	Лит.	Лист 2 / Листов 43
Пров.		Петров					
Реценз.		Сидоров				МГСУ Гр. АСУ-4-1	
Н.контр.							
Утв.		Кузин					

Копировал Формат А4

Рисунок 400

графическое описание документа. Общие требования и правила составления».

Пример записи учебного пособия в список литературы:

Савельев И. В. Курс общей физики: Учебное пособие. — М.: Наука, 1982. — 432 с.: ил.

Приложения

Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т. д.

Приложения оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах. В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа. Каждое приложение следует начинать с нового листа с указанием наверху посередине листа слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность. Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А». Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц. Приложение, выполненное на листе большего формата, считается за один лист. Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их обозначений и заголовков.

Нумерация листов документа

Листы (страницы) документа следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту документа. Номер листа проставляют в центре нижней части листа без точки. Если документ выполняют на листах по форме, установленной стандартами, номер листа проставляют в отведенном для этого месте.

Правила оформления документа

Текст документа, при необходимости, разделяют на разделы и подразделы, пункты и подпункты. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами

без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Подразделы также должны быть записаны с абзацного отступа.

Например:

1 Типы и основные размеры

1.1
1.2 } Нумерация заголовков подразделов первого раздела
1.3

2 Технические требования

2.1
2.2 } Нумерация заголовков подразделов второго раздела
2.3

В учебном документе пункты и подпункты, входящие в состав разделов и подразделов, могут не иметь порядковых номеров.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или, при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, и запись производится с абзацного отступа, как показано на примере.

Пример:

а) _____
б) _____
   1) _____
   2) _____
в) _____

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Пункты и подпункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов и подразделов. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела — 8 мм. Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Полное наименование изделия на титульном листе, в основной надписи и при первом упоминании в тексте документа должно быть оди-

наковым с названием его в основном конструкторском документе. В последующем тексте порядок слов в наименовании должен быть прямой, т. е. на первом месте должно быть определение (имя прилагательное), а затем — название изделия (имя существительное); при этом допускается употреблять сокращенное наименование изделия.

Текст документа должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова: «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «не допускается», «запрещается», «разрешается только», «не следует». При изложении других положений следует применять слова: «могут быть», «как правило», «при необходимости», «может быть», «в случае» и т. д.

В документах должны применятся научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующие стандартами, а при их отсутствии — общепринятые в научно-технической литературе.

В тексте документа не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами, а также в данном документе;
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением сдиниц физических величин в головках и боковиках таблиц, и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (–) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);
- применять знак «о» для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»);
- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (не равно), а также знаки № (номер), % (процент).

Если в документе приводятся поясняющие надписи, наносимые непосредственно на изготовляемое изделие (например на планки, таблички к элементам управления и т. п.), их выделяют шрифтом (без кавы-

чек), например ВКЛ., ОТКЛ., или кавычками — если надпись состоит из цифр и знаков, например «Сигнал +27 включено».

Перечень допускаемых сокращений слов установлен в ГОСТ 2.316—68. Условные буквенные обозначения, изображения, или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах. В тексте документа перед обозначением параметра дают его пояснение, например «Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$».

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета, от единицы до девяти — словами.

Примеры:

1 Провести испытания пяти труб, каждая длинной 5 м.

2 Отобрать 15 труб для испытаний на давление.

Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например 1,50; 1,75; 2,00 м.

Если в тексте документа приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры:

1 От 1 до 5 мм.

2 От 10 до 100 кг.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах.

Числовые значения величин в тексте следует указывать со степенью точности, которая необходима для обеспечения требуемых свойств изделия, при этом в ряду величин осуществляется выравнивание числа знаков после запятой, например 1,50; 1,75; 2,00.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4″; 1/2″ (но не $\frac{1}{2}''$, $\frac{1}{4}''$).

При невозможности выразить числовое значение в виде десятичной дроби, допускается записывать в виде простой дроби в одну строчку через косую черту, например 5/32.

В ***формулах*** в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу,

если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример — Плотность каждого образца ρ, кг/м^3, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (1)$$

где m — масса образца, кг;

V — объем образца, м^3.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак «×».

Формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают — (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, ... в формуле (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

Порядок изложения в документах математических уравнений такой же, как и формул.

В текстовом документе допускаются ***ссылки*** на данный документ, стандарты, технические условия и другие документы. Ссылаться следует на документы, в целом или его разделы. Ссылки на подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением подразделов, пунктов, таблиц и иллюстраций данного документа. Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках.

Количество ***иллюстраций*** должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, — Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2». Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим способом: Рисунок 1 — Детали прибора.

При ссылке в тексте на отдельные элементы деталей (отверстия, пазы, канавки, проводники и др.) их обозначают на рисунке прописными буквами русского алфавита.

На приведенных в документе электрических схемах около каждого элемента указывают его позиционное обозначение, установленное соответствующими стандартами, и при необходимости, номинальное значение величины.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, следует помещать над таблицей. При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 401.

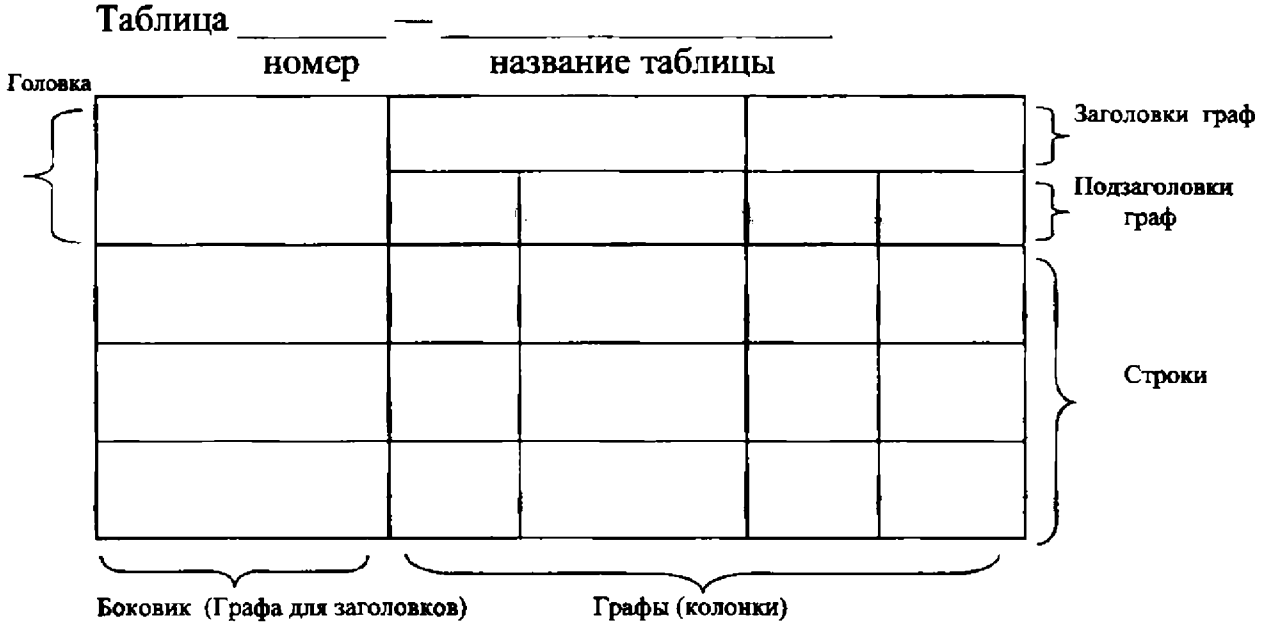


Рисунок 401

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении В. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы в соответствии с рисунком 402.

Таблица... **В миллиметрах**

Номинальный диаметр болта, винта, шпильки	Внутренний диаметр шайбы	Толщина шайбы			
		легкой		нормальной	
		а	в	а	в
2,0	2,1	0,5	0,8	0,5	0,5
2,5	2,6	0,6	0,8	0,6	0,6
3,0	3,1	0,8	1,0	0,8	0,8

Продолжение таблицы... **В миллиметрах**

Номинальный диаметр болта, винта, шпильки	Внутренний диаметр шайбы	Толщина шайбы			
		легкой		нормальной	
		а	в	а	в
4,0	**4**,1	1,0	1,2	1,0	1,2
...	...	...	...	...	...
42	42,5	—	—	9,0	**9,0**

Рисунок 402

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице, при этом повторяют головку таблицы в соответствии с рисунком 403. Рекомендуется разделять части таблицы двойной линией или линией толщиной 2*S*.

Таблица...

Диаметр стержня крепежной детали, мм	Масса 1000 шт. стальных шайб, кг	Диаметр стержня крепежной детали, мм	Масса 1000 шт. стальных шайб, кг
1,1	0,045	2,0	0,193
1,2	0,048	2,5	0,350
1,4	0,111	3,0	0,553

Рисунок 403

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. Нумерация граф таблицы арабскими цифрами допускается в тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу в соответствии с рисунком 404.

Таблица... **Размеры в миллиметрах**

Условный проход, Dy	D	L	L1	L2	Масса, кг, не более
1	2	3	4	5	6
50	160	130	525	600	160
80	195	210			170

Рисунок 404

При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием в соответствии с рисунком 405. Перед числовыми значениями величин и обозначением типов, марок и т. п. порядковые номера не проставляют.

Таблица...

Наименование показателя	Значение	
	в режиме 1	в режиме 2
1 Ток коллектора, А	5, не менее	7, не более
2 Напряжение на коллекторе, В	—	—
3 Сопротивление нагрузки коллектора, Ом	—	—

Рисунок 405

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части — над каждой ее частью в соответствии с рисунком 402.

Если в большинстве граф таблицы приведены показатели, выраженные в одних и тех же единицах физических величин (например, в миллиметрах, вольтах), но имеются графы с показателями, выраженными в других единицах физических величин, то над таблицей следует писать наименование преобладающего показателя и обозначение его физической величины, например, «Размеры в миллиметрах», «Напряжение в вольтах», а в подзаголовках остальных граф приводить наименование показателей и (или) обозначение других единиц физических величин в соответствии с рисунком 404.

Если в графе таблицы помещены значения одной и той же физической величины, то обозначение единицы физической величины указывают в заголовке (подзаголовке) этой графы в соответствии с рисунком 406. Числовые значения величин, одинаковые для нескольких строк, допускается указывать один раз в соответствии с рисунком 404 и рисунком 406.

Таблица...

Тип изолятора	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А
ПНР-6/400	6	400
ПНР-6/800		800
ПНР-6/900		900

Рисунок 406

Если числовые значения величин в графах таблицы выражены в разных единицах физической величины, их обозначения указывают в подзаголовке каждой графы.

Обозначения, приведенные в заголовках граф таблицы, должны быть пояснены в тексте или графическом материале документа.

Обозначение единиц плоского угла следует указывать не в заголовках граф, а в каждой строке таблицы как при наличии горизонтальных линий, разделяющих строки в соответствии с рисунком 407, так и при их отсутствии в соответствии с рисунком 408.

Таблица...

α	β
3°5′30″	6°30′
4°23′50″	8°26′
5°30′20″	10°30′

Рисунок 407

Таблица...

α	β
3°5′30″	6°30′
4°23′50″	8°26′
5°30′20″	10°30′

Рисунок 408

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками в соответствии с рисунком 409. Если повторяющийся текст состоит из двух и более слов, при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее кавычками в соответствии с рисунком 410.

Таблица... **В миллиметрах**

Диаметр зенкера	C	C1	R	h	H1	S	S1
От 10 до 11 включ.	3,14	—	—	3,00	0,25	1,00	—
Св. 11 " 12 "	4,85	0,14	0,14	3,84	—	1,60	6,75
" 12 " 14 "	5,50	4,20	4,20	7,45	1,45	2,00	6,90

Рисунок 409

Таблица...

Наименование отливки	Положение оси вращения
Гильза цилиндрическая	Горизонтальное
То же	"
"	"

Рисунок 410

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения марок материалов и типоразмеров изделий, обозначения нормативных документов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире) в соответствии с рисунком 409. При указании в таблицах последовательных интервалов чисел, охватывающих все числа ряда, их следует записывать: «От... до... включ.», «Св... до... включ.» в соответствии с рисунком 409. В интервале, охватывающем числа ряда, между крайними числами ряда в таблице допускается ставить тире в соответствии с рисунком 411.

Таблица...

Наименование материала	Температура плавления, К (°С)
Латунь	1131—1173 (858—900)
Сталь	1573—1673 (1300—1400)
Чугун	1373—1473 (1100—1200)

Рисунок 411

Интервалы чисел в тексте записывают со словами «от» и «до» (имея в виду «От... до... включительно»), если после чисел указана единица физической величины или числа, представляющие безразмерные коэффициенты, и через дефис, если числа представляют порядковые номера.

Примеры:

1... толщина слоя должна быть от 0,5 до 20 мм.

2... рисунок 7—12.

Цифры в графах таблиц должны проставляется так, что бы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

При наличии в документе небольшого по объему цифрового материала его нецелесообразно оформлять таблицей, а следует давать текстом, располагая цифровые данные в виде колонок.

Пример:

Предельные отклонения размеров профилей:

по высоте . . . . . ±2,5 %

по ширине . . . . . ±1,5 %

по толщине стенки . . . . . ±0,3 %

по толщине полки . . . . . ±0,3 %.

Вопросы для самопроверки

1. Какие документы называются текстовыми?
2. Для каких целей выполняют реферат в учебной практике?
3. Назовите структурные элементы текстового документа и правила их изложения в документе.

3.36 Чтение и деталирование сборочных чертежей

Прочитать сборочный чертеж — значит, представить устройство и принцип работы изображенного на нем устройства.

На производстве чтение сборочных чертежей осуществляют при подготовке производства и сборке изделия. В учебной практике чтение сборочного чертежа развивает умение мысленно представить устройство изделия и форму его составных частей. При чтении сборочных чертежей студенты по основной надписи, спецификации и чертежу определяют:

— наименование изделия и его составных частей;

— какие виды, разрезы и сечения даны на чертеже;

— назначение, устройство и принцип действия изображенного изделия;

— взаимное расположение и размеры деталей;

— взаимодействие составных частей, способы их соединения, порядок сборки и разборки;
— по номерам позиций, имеющимся на чертеже и в спецификации, отыскивают на чертеже изображение каждой детали, выявляя их формы;
— намечают для каждой детали число изображений на чертеже (оно должно быть минимальным) и масштаб изображения.

Особое внимание уделяют выбору главных изображений, которые должны давать наиболее полные представления о формах деталей и их размерах. Детали, ограниченные соосными поверхностями вращения, изображают так, чтобы их оси располагались относительно основной надписи горизонтально. Детали, изготавливаемые литьем, обычно изображают так, чтобы их основные базовые плоскости получали бы на чертеже горизонтальное положение.

При чтении чертежа надо учитывать проекционную связь изображений, а также и то, что на всех изображениях в разрезах одна и таже деталь заштриховывается в одном направлении и с равными интервалами между линиями штриховки, смежные детали — в различных направлениях.

Необходимо помнить, что по сборочному чертежу не изготавливают детали, поэтому при выполнении чертежа на нем допускаются упрощенные изображения деталей. Например, не показывают мелкие фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, рифления и т. п.

Выполнение рабочих чертежей деталей по сборочным чертежам называется **деталированием**.

При выполнении этой работы студенты должны учитывать все требования и применять все положения стандартов ЕСКД в части изложения правил выполнения рабочих чертежей деталей.

В производственных условиях при деталировании сборочных чертежей на рабочем чертеже детали нужно иметь не только изображение детали, но и все данные для ее изготовления и контроля, т. е. обозначение шероховатости поверхностей, марку материала, предельные отклонения размеров и пр.

Рассмотрим порядок чтения и деталирования сборочного чертежа.

На рисунке 412 изображен «Зажим» — приспособление для закрепления прутков при обработке. Обрабатываемый пруток — «Заготовка» вкладывается в прорезь на корпусе (поз. 1) и закрепляется с помощью пластины (поз.2) вращением прижима (поз. 3) по резьбе. Для удобства и скорости работы с приспособлением пластина (поз. 2) может перемещаться поперек оси штифта (поз. 4) в незакрученном (свободном) положении прижима (поз. 3). Закрепление заготовки в приспособлении осуществляется вращением прижима с помощью штифта (поз. 5), который выполняет в данном случае роль рукоятки.

Сборочный чертеж нашего изделия представлен на рисунке 413, а спецификация на рисунке 414.

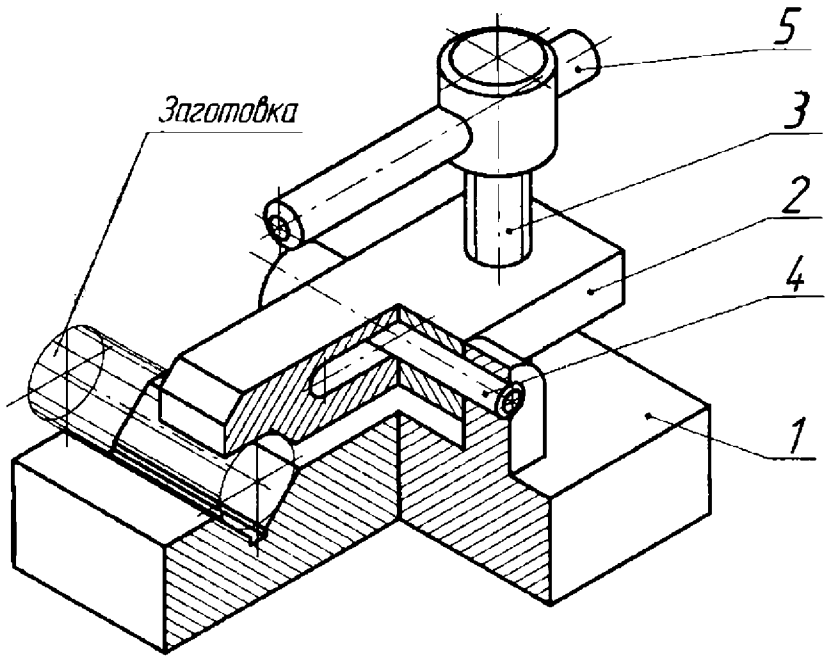


Рисунок 412

Уяснив по рисунку 412, сборочному чертежу и спецификации устройство и состав изделия и представив форму каждой детали, можно приступить к выполнению рабочих чертежей деталей.

Начинать следует с определения необходимого (наименьшего) количества изображений каждой детали. Например, для изготовления детали «Корпус», изображенной на рисунке 415, достаточно двух изображений: главного вида с местным вертикальным разрезом конического отверстия и вида сверху с горизонтальным разрезом вдоль общей оси отверстий под штифт диаметром пять миллиметров (поз. 4 на рисунке 412 и сборочном чертеже). Для изготовления детали «Пластина» (рисунок 416) — достаточно двух изображений: главного вида с местным вертикальным разрезом вдоль оси резьбового отверстия М10 и вида сверху с местным горизонтальным разрезом вдоль сквозного паза.

Для изготовления детали «Прижим» (рисунок 417) также достаточно двух изображений: главного вида, на котором представлена максимальная информация о детали и вида слева, на котором изображено сквозное отверстие под рукоятку-штифт с помощью местного вертикального разреза.

Расположение изображений деталей на рабочих чертежах не должно быть обязательно таким же, как на сборочном чертеже. Все изображения — виды, разрезы и сечения на чертеже выполняются по рекомендациям ГОСТ 2.305—68. Для каждой детали выбирается масштаб изображений с учетом ее формы и размеров. Чем сложнее форма, тем больше разных контурных и размерных линий будет на чертеже, поэтому подобное изображение деталей следует вычерчивать в более крупном масштабе. Небольшие проточки, углубления, выступы и т. п. желательно изображать в виде выносных элементов в большом масштабе. Все рабочие чертежи деталей обязательно выполняются на стандартных форматах.

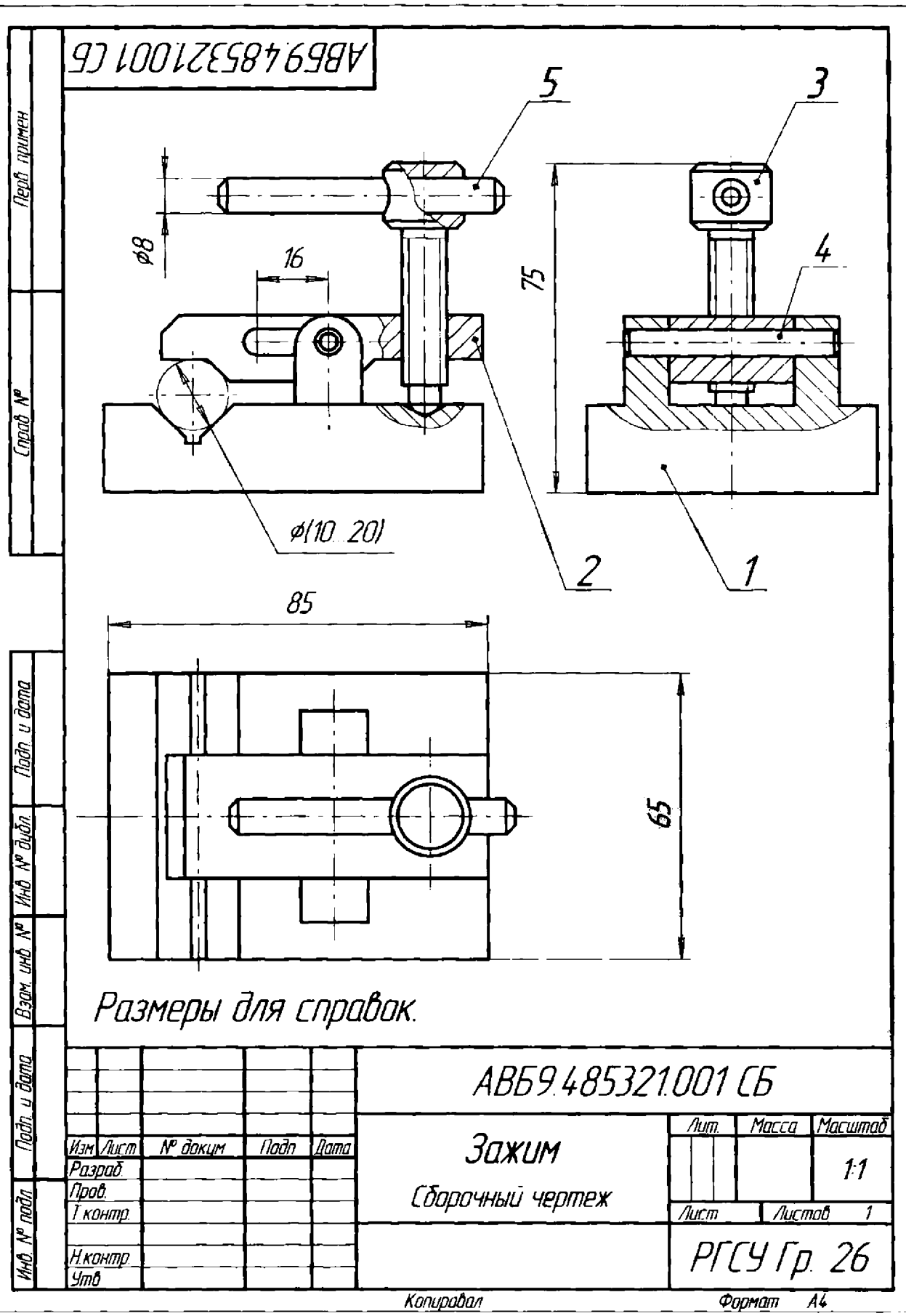
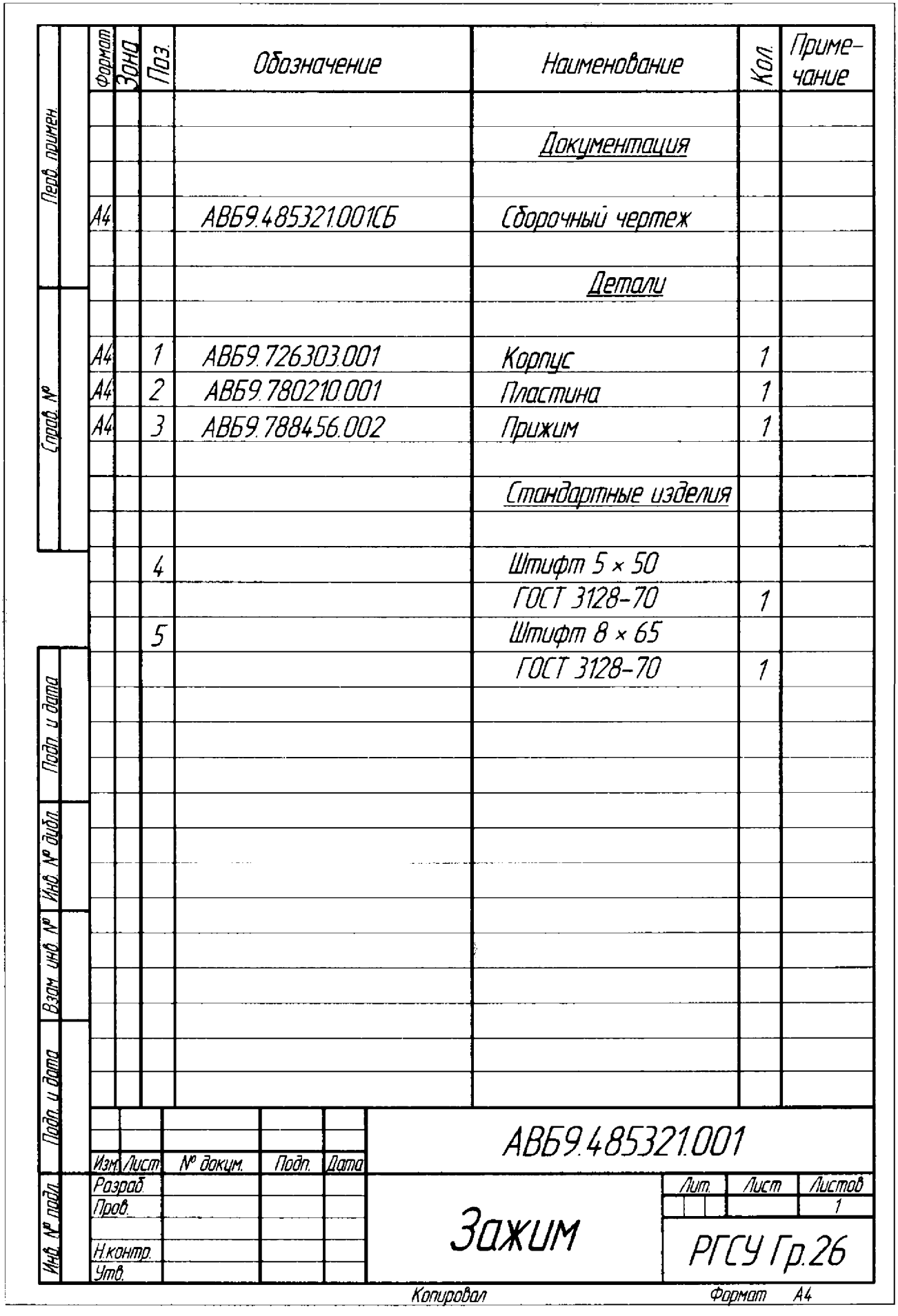

АВБ9.485321.001 СБ
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
5
3
4
2
1
ф8
16
75
ф(10...20)
85
65
Размеры для справок.
АВБ9.485321.001 СБ
Зажим
Сборочный чертеж
Изм. Лист. № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов 1
РГСУ Гр. 26
Копировал
Формат А4

Рисунок 413



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А4			АВБ9.485321.001СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
А4		1	АВБ9.726303.001	Корпус	1	
А4		2	АВБ9.780210.001	Пластина	1	
А4		3	АВБ9.788456.002	Прижим	1	
				Стандартные изделия		
		4		Штифт 5 × 50		
				ГОСТ 3128-70	1	
		5		Штифт 8 × 65		
				ГОСТ 3128-70	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Н.контр.				
Утв.				

АВБ9.485321.001

Зажим

Лит.	Лист	Листов
		1

РГСУ Гр.26

Копировал

Формат А4

Рисунок 414

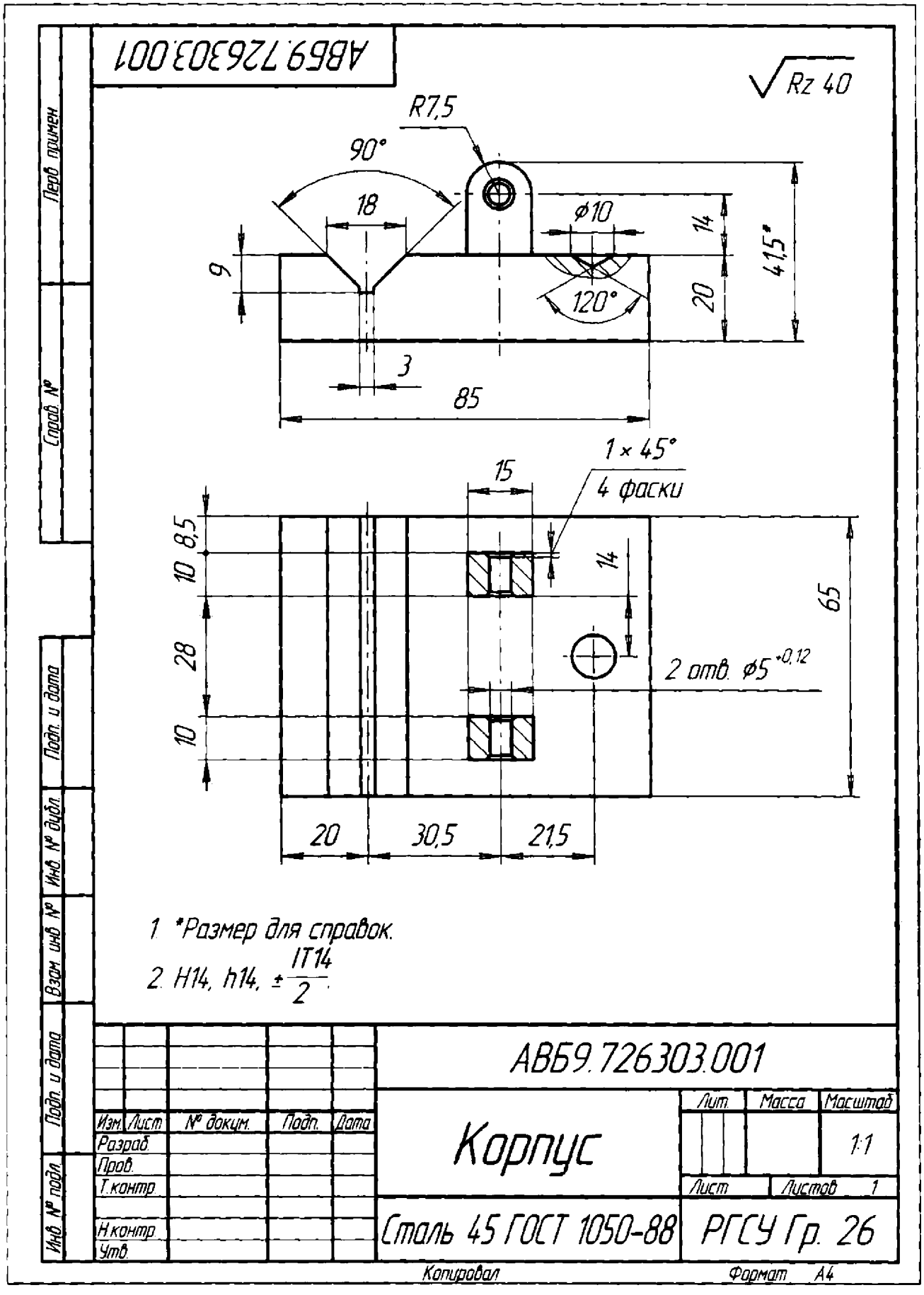
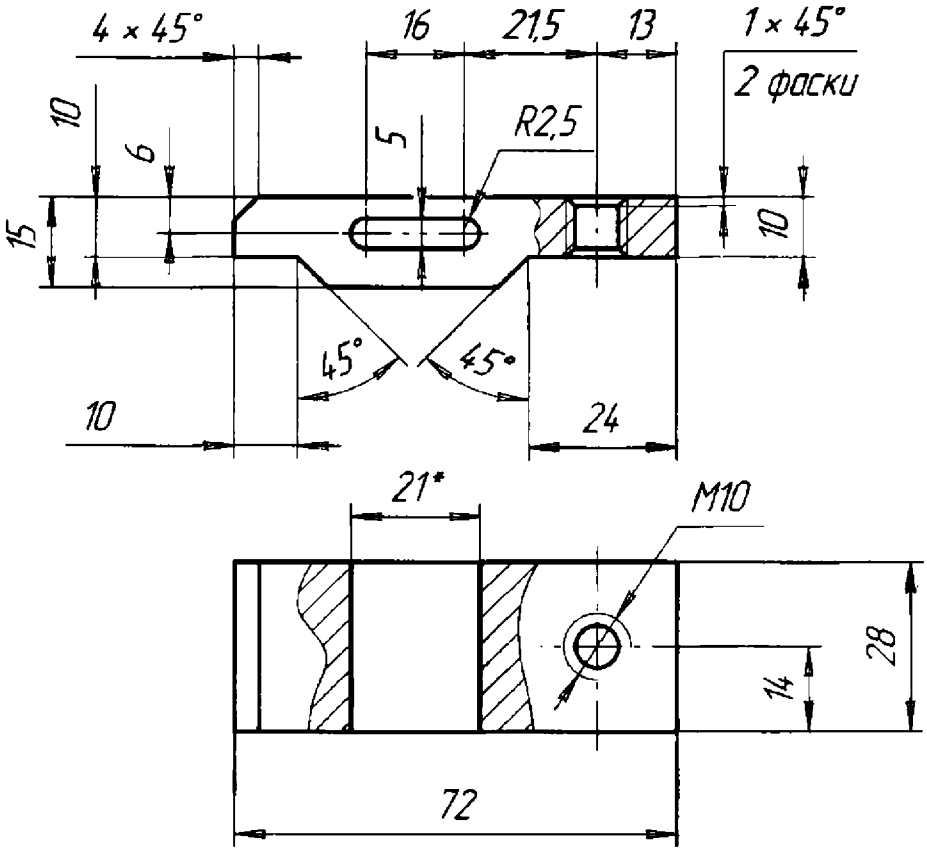

АВБ9.726303.001
Rz 40
R7,5
90°
18
ф10
14
41,5*
9
20
120°
3
85
1 × 45°
4 фаски
15
10
8,5
28
10
65
2 отв. ф5 +0,12
20
30,5
21,5
1 *Размер для справок.
2. H14, h14, ±IT14/2.
Перв. примен
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
АВБ9.726303.001
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Корпус
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов 1
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
РГСУ Гр. 26
Копировал
Формат А4

Рисунок 415

АВБ9.780210.001

Rz 40



1. *Размер для справок.
2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АВБ9.780210.001			
Разраб.					Пластина	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.								1:1
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-88	РГСУ Гр. 26		
Утв.								

Копировал Формат А4

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Рисунок 416

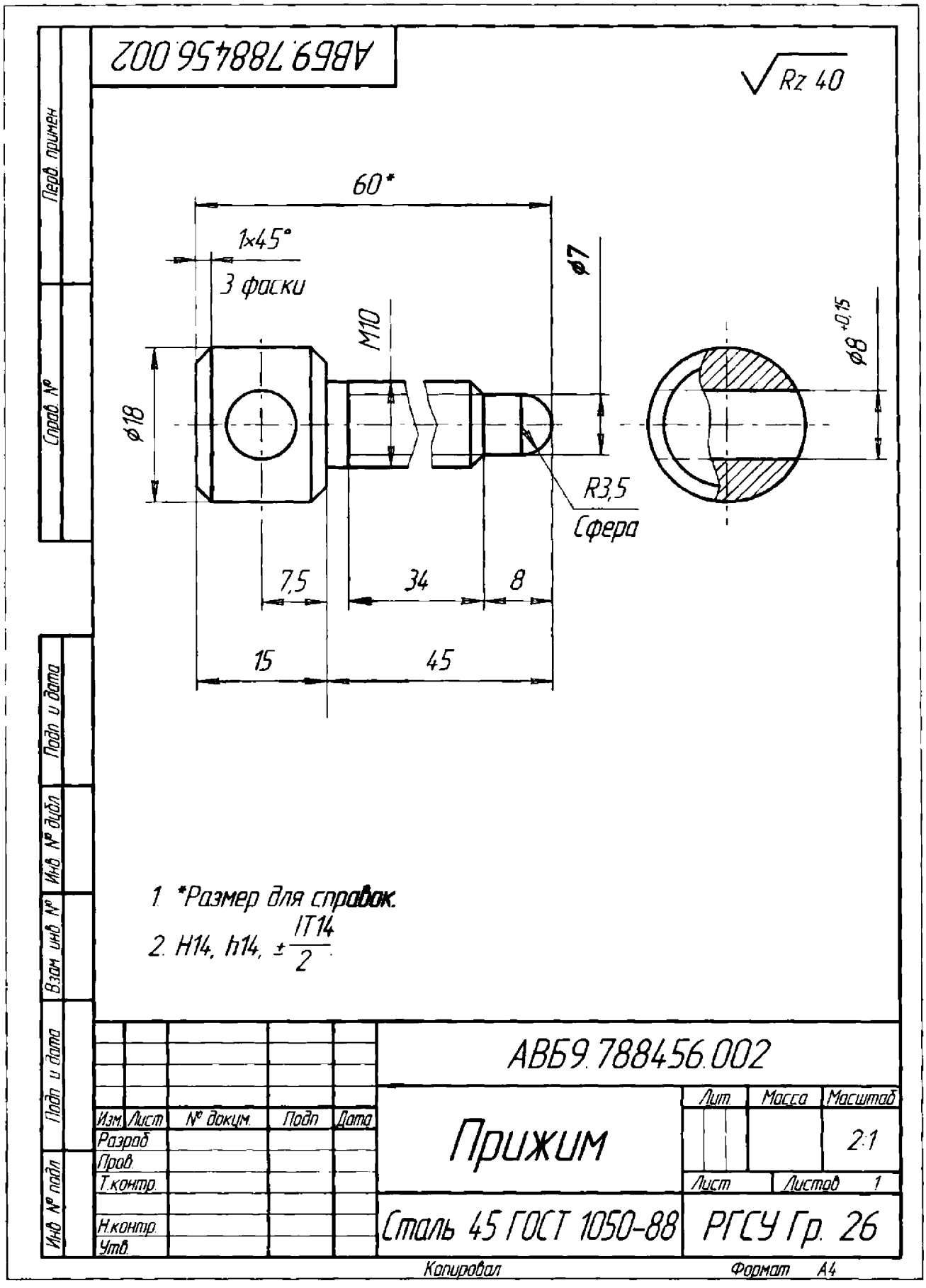

АВБ9.788456.002
Rz 40
60*
1×45°
3 фаски
M10
ø7
ø18
ø8 +0,15
R3,5
Сфера
7,5
34
8
15
45
1 *Размер для справок.
2. H14, h14, ± IT14/2
Перв. примен
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
АВБ9.788456.002
Прижим
Лит. Масса Масштаб
2:1
Лист Листов 1
Сталь 45 ГОСТ 1050-88
РГСУ Гр. 26
Копировал
Формат А4

Рисунок 417

После вычерчивания изображений наносят обозначения шероховатости поверхностей, проводят выносные и размерные линии, проставляют размерные числа. В основной надписи чертежа записывают обозначение и наименование детали, марку материала, масштаб изображения, подразделение-разработчик чертежа (в нашем случае учебное заведение и группу). Так как изображение детали выполнено на одном листе, графу «Лист» не заполняют, а в графе «Листов» проставляют цифру один.

Чертежи стандартных изделий не выполняют. Их размеры подбирают по соответствующим стандартам, пользуясь условными обозначениями, записанными в спецификации.

Вопросы для самопроверки

1. Что подразумевается под чтением и деталированием сборочного чертежа?
2. Должно ли соответствовать количество изображений детали на сборочном чертеже количеству изображений этой же детали на рабочем чертеже?
3. Как заштриховываются в разрезе соприкасающиеся детали?

Заключение

Производство сложных изделий в промышленности потребовало выполнения чертежей в масштабе с указанием размеров — методом прямоугольного проецирования. Этот метод начертательной геометрии, позволяющий сохранить без искажения размеры изображаемого предмета, широко применяется в настоящее время.

Большое внимание уделено при изучении инженерной графики стандартам Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и стандартам на изделия общемашиностроительного назначения.

Настоящий курс дисциплины не может ставить своей задачей научить студентов составлению конструкторской документации, полностью отвечающей требованиям производства. Овладение чертежом, как средством, выражения мысли конструктора и как производственным документом, может быть достигнуто лишь в результате изучения ряда общеинженерных и специальных дисциплин. Поэтому в настоящем курсе изучается только часть условностей, применяемых на производственных чертежах. Однако эта часть, независимо от способа выполнения чертежа — ручного, механизированного или автоматизированного, является своеобразным фундаментом, на котором базируется система технической документации.

Сведения же о правилах нанесения предельных отклонений размеров, обозначения покрытий поверхностей деталей, термической и других видов обработки деталей, указаний допусков формы и расположения поверхностей даны для более широкого понимания тех сложных технических вопросов, которые приходится решать разработчику конструкторской документации.

Изучение содержания курса не должно, разумеется, исключать стремления к наибольшему приближению учебных чертежей к производственным.

Развитие науки и техники повышает требования к показателям качества продукции, что в свою очередь усложняет техническую документацию, насыщая чертежи разными сложными техническими решениями, условными знаками и символами.

Этой книгой сделана попытка внести посильный вклад в общие к тому усилия.

Список литературы

1 ГОСТ 2.001-93. ЕСКД. Общие положения.

2 ГОСТ 2.101-68. ЕСКД. Виды изделий.

3 ГОСТ 2.102—68. ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.

4 ГОСТ 2.103-68. ЕСКД. Стадии разработки.

5 ГОСТ 2.104-68. ЕСКД. Основные надписи.

6 ГОСТ 2.105—95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

7 ГОСТ 2.106—96. ЕСКД. Текстовые документы.

8 ГОСТ 2.108-68. ЕСКД. Спецификация.

9 ГОСТ 2.109—73. ЕСКД. Основные требования к чертежам.

10 ГОСТ 2.118—73. ЕСКД. Техническое предложение.

11 ГОСТ 2.119-73. ЕСКД. Эскизный проект.

12 ГОСТ 2.120-73. ЕСКД. Технический проект.

13 ГОСТ 2.201—80. ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов.

14 ГОСТ 2.301-68. ЕСКД. Форматы.

15 ГОСТ 2.302-68. ЕСКД. Масштабы.

16 ГОСТ 2.303-68. ЕСКД. Линии.

17 ГОСТ 2.304-81. ЕСКД. Шрифты чертежные.

18 ГОСТ 2.305—68. ЕСКД. Изображения — виды, разрезы, сечения.

19 ГОСТ 2.306—68. ЕСКД. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах.

20 ГОСТ 2.307—68. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

21 ГОСТ 2.308—79. ЕСКД. Указание на чертежах допусков форм и расположения поверхностей.

22 ГОСТ 2.309—73. ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей.

23 ГОСТ 2.310—68. ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.

24 ГОСТ 2.311—68. ЕСКД. Изображение резьбы.

25 ГОСТ 2.312—72. ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.

26 ГОСТ 2.313—82. ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений.

27 ГОСТ 2.315—68. ЕСКД. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей.

28 ГОСТ 2.316—68. ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

29 ГОСТ 2.317—69. ЕСКД. Аксонометрические проекции.

30 ГОСТ 2.412—81. ЕСКД. Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий.

31 ГОСТ 2.413—72. ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготовляемых с применением электрического монтажа.

32 ГОСТ 2.601—95. ЕСКД. Эксплуатационные документы.

33 ГОСТ 2.701—84. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

34 ГОСТ 2.702—75. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

35 ГОСТ 2.708—81. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.

36 ГОСТ 2.710—81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

37 ГОСТ 2.721-74. ЕСКД. Обозначение в схемах. Обозначения общего применения.

38 ГОСТ 2.722-68. ЕСКД. Обозначения в схемах. Машины электрические.

39 ГОСТ 2.723—68. ЕСКД. Обозначения в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, авто трансформаторы и магнитные усилители.

40 ГОСТ 2.727—68. ЕСКД. Обозначения условные в схемах. Разрядники, предохранители.

41 ГОСТ 2.728—74. ЕСКД. Обозначения условные в схемах. Резисторы, конденсаторы.

42 ГОСТ 2.729—68. ЕСКД- Обозначения условные в схемах. Приборы электроизмерительные.

43 ГОСТ 2.730—73. ЕСКД. Обозначения условные в схемах. Приборы полупроводниковые.

44 ГОСТ 2.732—68. ЕСКД- Обозначения условные в схемах. Источники света.

45 ГОСТ 2.741—68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические.

46 ГОСТ 2.743—91. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники.

47 ГОСТ 2.747—68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.

48 ГОСТ 2.755—87. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.

49 ГОСТ 2.756—76. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.

50 ГОСТ 2.768—90. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические, электротермические и тепловые.

51 ГОСТ 5—78Е. Текстолит и асботекстолит конструкционные. Технические условия.

52 ГОСТ 7.1—84. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.

53 ГОСТ 7.9—95. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования.

54 ГОСТ 8.417—81. ГСИ. Единицы физических величин.

55 ГОСТ 9.032—74. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначение.

56 ГОСТ 9.104—79. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации.

57 ГОСТ 9.303—84. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие технические условия.

58 ГОСТ 9.306—85. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначение.

59 ГОСТ 380—94. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.

60 ГОСТ 493—79. Бронзы безоловянные литейные. Марки.

61 ГОСТ 613—79. Бронзы оловянные литейные. Марки.

62 ГОСТ 1050—88. Сталь углеродистая качественная конструкционная. Технические условия.

63 ГОСТ 1133—71. Сталь кованая круглая и квадратная. Сортамент.

64 ГОСТ 1215—79. Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия.

65 ГОСТ 1412—85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки.

66 ГОСТ 1435—90. Сталь нелегированная инструментальная. Технические условия.

67 ГОСТ 1491—80. Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры.

68 ГОСТ 1583—89. Сплавы алюминиевые литейные в чушках. Технические условия.

69 ГОСТ 1585—85. Чугун антифрикционный для отливок. Марки.

70 ГОСТ 1759.0—87. Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия.

71 ГОСТ 1759.4—87. Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний.

72 ГОСТ 1759.5—87. Гайки. Механические свойства и методы испытаний.

73 ГОСТ 2290—76. Бальзам пихтовый. Технические условия.

74 ГОСТ 2789—73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

75 ГОСТ 3128—70. Штифты цилиндрические незакаленные. Технические условия.

76 ГОСТ 3129—70. Штифты конические незакаленные. Технические условия.

77 ГОСТ 3514—94. Стекло оптическое бесцветное. Технические условия.

78 ГОСТ 4543—71. Сталь легированная конструкционная. Технические условия.

79 ГОСТ 4784—97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.

80 ГОСТ 5264—80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

81 ГОСТ 5689—79. Массы прессовочные фенольные. Технические условия.

82 ГОСТ 5915—70. Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры.

83 ГОСТ 6211—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трубная коническая.

84 ГОСТ 6357—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трубная цилиндрическая.

85 ГОСТ 6402—70. Шайбы пружинные. Технические условия.

86 ГОСТ 6636—81. Нормальные линейные размеры.

87 ГОСТ 7293—85. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки.

88 ГОСТ 7427—76. Геометрическая оптика. Термины, определения и буквенные обозначения.

89 ГОСТ 7798—70. Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры.

90 ГОСТ 8713—79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

91 ГОСТ 8724—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги.

92 ГОСТ 8908—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов.

93 ГОСТ 9150—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль.

94 ГОСТ 9411—91. Стекло оптическое цветное. Технические условия.

95 ГОСТ 9484—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная. Профили.

96 ГОСТ 9639—71. Ленты из непластифицируемого поливинилхло-рида (винипласт листовой). Технические условия.

97 ГОСТ 9825—73. Материалы лакокрасочные. Термины, определения и обозначение.

98 ГОСТ 10177—82. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба упорная. Профили и основные размеры.

99 ГОСТ 10299—80. Заклепки с полукруглой головкой. Технические условия.

100 ГОСТ 10300—80. Заклепки с потайной головкой. Технические условия.

101 ГОСТ 10316—78. Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Технические условия.

102 ГОСТ 10549—80. Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски.

103 ГОСТ 10948—64. Радиусы закруглений и фаски. Размеры.

104 ГОСТ 11371—78. Шайбы. Технические условия.

105 ГОСТ 11708—82. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба. Термины и определения.

106 ГОСТ 11709—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая для деталей из пластмасс.

107 ГОСТ 12172—74. Клеи фенолополивинилацетатные. Технические условия.

108 ГОСТ 12414—66. Концы болтов, винтов и шпилек. Размеры.

109 ГОСТ 12638—80. Заклепки пустотелые со скругленной головкой. Технические условия.

ПО ГОСТ 12639—80. Заклепки пустотелые с плоской головкой. Технические условия.

111 ГОСТ 14776—79. Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструкционные элементы и размеры.

112 ГОСТ 14806-80 Дуговая сварка алюминия и алюминиевых плавов в инертных газах. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

113 ГОСТ 14887—80. Клеи оптические. Типы.

114 ГОСТ 14906—77. Фторопласт-4Д. Технические условия.

115 ГОСТ 15130—86. Стекло кварцевое оптическое. Технические условия.

116 ГОСТ 15150—69. Машины, приборы и другие 112 ГОСТ 14806—80. Дуговая сварка алюминия и алюминиевых технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранение и транспортирование в части воздействия климатических факторов внешней среды.

117 ГОСТ 15527—70. Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки.

118 ГОСТ 15878—79. Контактная сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

119 ГОСТ 16093—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.

120 ГОСТ 16338—85. Полиэтилен низкого давления. Технические условия.

121 ГОСТ 17473—80. Винты с полукруглой головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры.

122 ГОСТ 17475—80. Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры.

123 ГОСТ 18123—82. Шайбы. Общие технические условия.

124 ГОСТ 18175—78. Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки.

125 ГОСТ 19248—90. Припои. Классификация.

126 ГОСТ 19738—74. Припои серебряные. Марки.

127 ГОСТ 20437—89. Материал прессовочный АГ-4. Технические условия.

128 ГОСТ 21931—76. Припои оловянно-свинцовые в изделиях. Технические условия.

129 ГОСТ 22032—76. Шпильки с ввинчиваемым концом длиной ***Id.*** Класс точности В. Конструкция и размеры.

130 ГОСТ 23137—78. Припои медно-цинковые. Марки.

131 ГОСТ 23360—78. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

132 ГОСТ 24642—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.

133 ГОСТ 24643—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

134 ГОСТ 24705—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры.

135 ГОСТ 24737—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная однозаходная. Основные размеры.

136 ГОСТ 24738—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная. Диаметры и шаги.

137 ГОСТ 24739—81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная многозаходная.

138 ГОСТ 25142—82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.

139 ГОСТ 25346—89. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.

140 ГОСТ 25347—82. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки.

141 ГОСТ 25349—88. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков деталей из пластмасс.

142 ГОСТ 25670—83. Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками.

143 ГОСТ 26148—84. Фотометрия. Термины и определения.

144 ГОСТ 26862—86. Штифты. Общие технические условия.

145 **Боголюбов С. К.** Инженерная графика. М.: Машиностроение, 2000.

146 **Бубенников А. В.** Начертательная геометрия. М.: Высшая школа, 1985.

147 **Гордон В. О., Иванов Ю. Б., Солнцева Т. Е.** Сборник задач по курсу начертательной геометрии: Учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2000.

148 **Гордон В. О., Семенцов-Оі** невский М. **А.** Курс начертательной геометрии: Учеб. пособие. М.: Высш. школа, 2000.

149 **Куликов В. П.** Стандарты в курсе инженерной графики: Учеб. пособие. М.: НТЦ «Техинформпресс», 1997.

150 **Пеклич В. А.** Начертательная геометрия: Учеб. пособие. М: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2000.

151 **Тарасов Б. Ф., Дудкина Л. А., Немоляева С. О.** Начертательная геометрия: Учеб. пособие. СПб.: Лань, 2001.

Куликов Виктор Павлович Кузин Александр Владимирович

Инженерная графика

Учебник

Редактор *Н. Е. Овчеренко* Корректор *В. Г. Овсянникова* Компьютерная верстка *И. В. Кондратьевой* Оформление серии *П. Родькина*

Сдано в набор 22.04.2008 Подписано в печать 30.05.2008. Формат 70x100/16. **Гарнитура «Тайме». Усл. печ. л. 29**,67. **Уч.-изд. л. 30**,0. **Печать офсетная. Бумага офсетная. Тираж 4000 экз. Заказ № 4985.**

Издательство «ФОРУМ» 101000, Москва — Центр, Колпачный пер., д. 9а Тел./факс: (495) 625-32-07, 625-52-43 E-mail: mail@forum-books.ru

Л Р № 070824 от 21.01.93 Издательский Дом «ИНФРА-М» 127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в Тел.: (495) 380-05-40 Факс: (495) 363-92-12 E-mail: books@infra-m.ru Http://www.infra-m.ru

По вопросам приобретения книг обращайтесь:

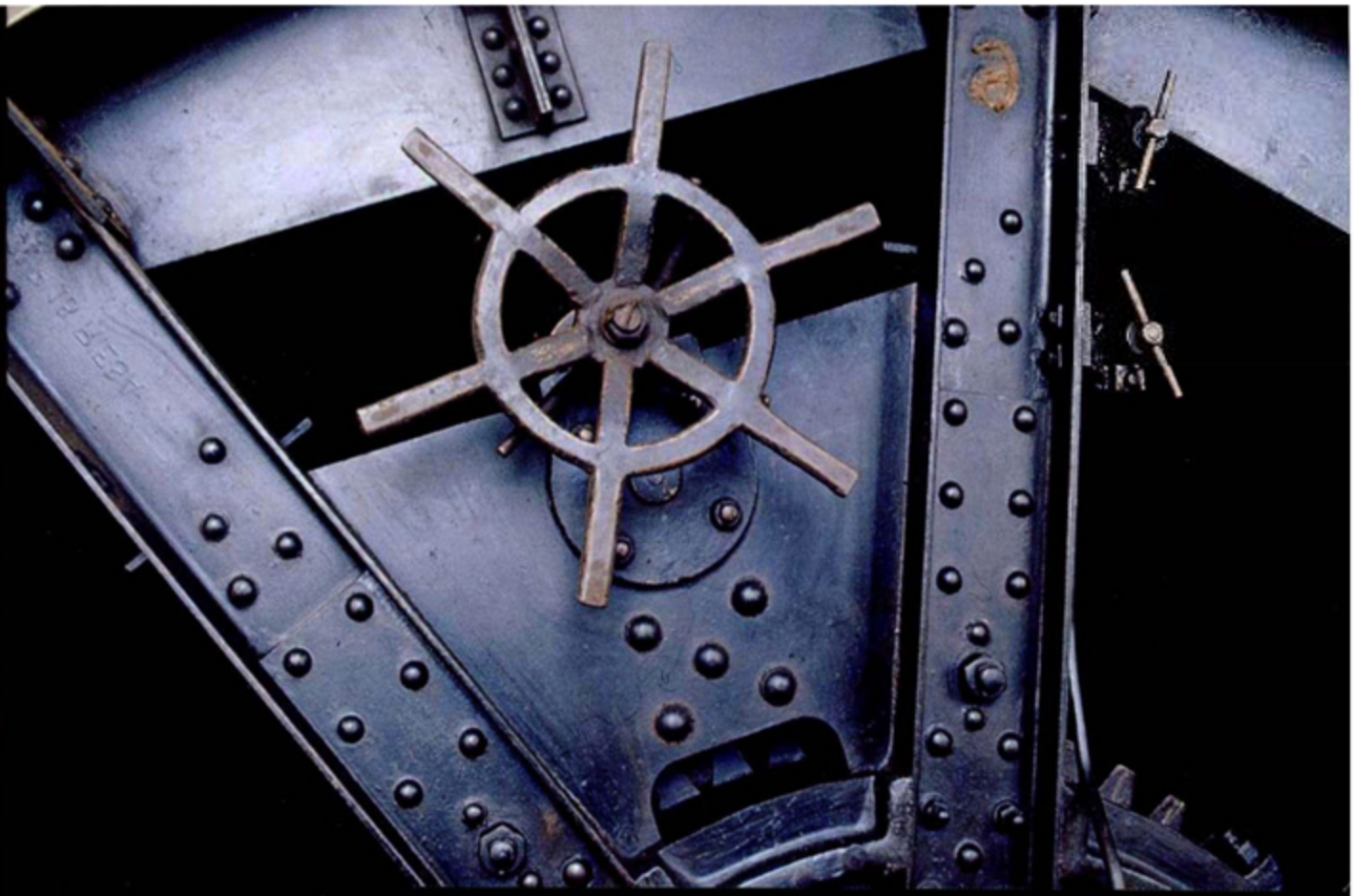
Отдел продаж издательства «ФОРУМ» **101000, Москва — Центр, Колпачный пер., д. 9а Тел./факс: (495) 625-32-07, 625-52-43 E-mail: natali@forum-books.ru**

Отдел продаж «ИНФРА-М» **127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в Тел.: (495) 380-05-40 (доб. 252) Факс: (495) 363-92-12 E-mail: ati@infra-m.ru**

Центр комплектования библиотек **119019, Москва, ул. Моховая, д. 16 (Российская государственная библиотека, кор. К) Тел.: (495) 202-93-15**

Магазин «Библиосфера» (розничная продажа) **109147, Москва, ул. Марксистская, д. 9 Тел.: (495) 670-52-18, (495) 670-52-19**

Отпечатано в ОАО «Тверской ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР». 170040, г. Тверь, проспект 50 лет Октября, 46.



Куликов Виктор Павлович – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики факультета информационных технологий Российского государственного социального университета, автор учебников и учебных пособий по начертательной геометрии и инженерной графики, а также многих публикаций по преподаванию данных дисциплин с использованием информационных технологий

Кузин Александр Владимирович – профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой информационных систем Российского государственного социального университета.
Автор учебников для высших и средних специальных учебных заведений

ISBN 978-5-91134-296-8
9 785911 342968