

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**С.П. Буркова, Г.Ф. Винокурова,
Р.Г. Долотова, Б.Л. Степанов**

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Рекомендовано Новосибирским региональным
отделением УМО вузов Российской Федерации по образованию
в области строительства в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по направлению «Строительство»*

Издательство
Томского политехнического университета
2010

УДК 514.18(075.8)+76:621(0.75.8)

ББК 22.151.3я73

Б90

Буркова С.П.

Б90 Начертательная геометрия. Инженерная графика: учебное пособие / С.П. Буркова, Г.Ф. Винокурова, Р.Г. Долотова, Б.Л. Степанов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2010. – 370 с.

ISBN 978-5-98298-735-8

В пособии рассматриваются вопросы изображения на чертеже геометрических фигур (точек, линий, плоскостей, поверхностей), их взаимного расположения и пересечения. Изучаются правила определения натуральной величины фигуры и положение ее в пространстве; требования по оформлению машиностроительных и строительных чертежей и правила выполнения чертежей отдельных деталей, соединений и строительных конструкций.

Предназначено для студентов инженерно-технических и строительных специальностей.

УДК 514.18(075.8)+76:621(0.75.8)

ББК 22.151.3я73

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор ТУСУРа

Б.А. Люкшин

Кандидат технических наук, доцент ТГАСУ

А.Л. Стуканов

ISBN 978-5-98298-735-8

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2010

© Буркова С.П., Винокурова Г.Ф.,
Долотова Р.Г., Степанов Б.Л., 2010

© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2010

КРАТКОЕ ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
Глава 1. Из истории графических изображений.....	10
Глава 2. Метод проекций.....	12
Глава 3. Точка и прямая.....	19
Глава 4. Плоскость.....	36
Глава 5. Линии и поверхности.....	64
Глава 6. Аксонометрические проекции.....	101
Глава 7. Основные правила оформления чертежей.....	114
Глава 8. Изображения.....	129
Глава 9. Нанесение размеров на чертежах.....	153
Глава 10. Соединения.....	172
Глава 11. Изображение зубчатых передач и пружин.....	216
Глава 12. Чертежи и эскизы деталей.....	241
Глава 13. Сборочные чертежи.	
Детализирование чертежей общего вида.....	267
Глава 14. Графическое оформление и чтение строительных чертежей.....	295
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	331
Приложения.....	332
Литература.....	355
Словарь терминов.....	356
Алфавитно-предметный указатель.....	365

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
Глава 1. Из истории графических изображений.....	10
Глава 2. Метод проекций.....	12
2.1. Центральное проецирование.....	12
2.2. Параллельное проецирование.....	14
2.3. Способы дополнения проекционных чертежей.....	15
Вопросы для самоконтроля.....	18
Глава 3. Точка и прямая.....	19
3.1. Чертеж точки.....	19
3.2. Взаимное положение двух точек. Условия видимости на чертеже.....	21
3.3. Чертеж отрезка прямой. Прямые частного положения....	23
3.4. Взаимное положение точки и прямой.....	27
3.5. Следы прямой.....	28
3.6. Взаимное положение двух прямых.....	29
3.7. Проецирование плоских углов.....	32
3.8. Определение истинной величины отрезка прямой.....	34
Вопросы для самоконтроля.....	35
Глава 4. Плоскость.....	36
4.1. Способы задания плоскости.....	36
4.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций.....	37
4.3. Точка и прямая в плоскости.....	41
4.4. Главные линии плоскости.....	43
4.5. Взаимное положение прямой и плоскости.....	44
4.6. Взаимное положение плоскостей.....	48
4.7. Способы преобразования чертежа.....	51
Вопросы для самоконтроля.....	63
Глава 5. Линии и поверхности.....	64
5.1. Кривые линии. Общие сведения, понятия и определения.....	64
5.2. Определение и задание поверхностей на чертеже.....	67
5.3. Точка и линия на поверхности.....	69
5.4. Гранные поверхности и многогранники. Пересечение многогранников плоскостями	69

5.5. Коническая и цилиндрическая поверхности. Торсы.....	77
5.6. Поверхности вращения. Пересечение поверхностей вращения плоскостями.....	79
5.7. Винтовые поверхности.....	91
5.8. Взаимное пересечение поверхностей.....	92
Вопросы для самоконтроля.....	100
Глава 6. Аксонометрические проекции.....	101
6.1. Способ аксонометрического проецирования. Коэффициенты искажения.....	101
6.2. Прямоугольная параллельная изометрия.....	103
6.3. Прямоугольная параллельная диметрия.....	106
6.4. Изображение окружности и шара в прямоугольной аксономет- рии	108
6.5. Косоугольные аксонометрии.....	111
Вопросы для самоконтроля.....	113
Глава 7. Основные правила оформления чертежей.....	114
7.1. Единая система конструкторской документации.....	114
7.2. Виды изделий и конструкторской документации.....	115
7.3. Обозначение изделий и конструкторских документов... ..	117
7.4. Форматы и основная надпись.....	117
7.5. Масштабы.....	120
7.6. Линии.....	120
7.7. Чертежные шрифты.....	122
7.8. Обозначение материалов.....	126
Вопросы для самоконтроля.....	128
Глава 8. Изображения.....	129
8.1. Основные положения и определения.....	129
8.2. Виды.....	134
8.3. Разрезы.....	136
8.4. Сечения.....	140
8.5. Условности и упрощения при изображении деталей.....	143
8.6. Выносные элементы.....	147
8.7. Примеры построения изображений детали.....	147
Вопросы для самоконтроля.....	152
Глава 9. Нанесение размеров на чертежах.....	153
Вопросы для самоконтроля.....	171
Глава 10. Соединения.....	172

10.1. Соединения разъемные и неразъемные.....	172
10.2. Изображение и обозначение резьбы.....	172
10.3. Резьбовые изделия и соединения.....	187
10.4. Шпоночные и шлицевые соединения.....	202
10.5. Неразъемные соединения. Соединения сваркой, пайкой и склеиванием.....	207
Вопросы для самоконтроля.....	215
Глава 11. Изображение зубчатых передач и пружин.....	216
11.1. Основные понятия.....	216
11.2. Условные изображения деталей зубчатых передач.....	217
11.3. Цилиндрическое зубчатое колесо.....	223
11.4. Коническое зубчатое колесо.....	226
11.5. Червячная передача.....	230
11.6. Реечное зацепление.....	233
11.7. Цепная передача.....	233
11.8. Храповой механизм.....	235
11.9. Пружины.....	236
Вопросы для самоконтроля.....	240
Глава 12. Чертежи и эскизы деталей.....	241
12.1. Выполнение чертежа детали.....	241
12.2. Элементы деталей.....	241
12.3. Выбор изображений и планировка чертежа.....	243
12.4. Эскизы деталей.....	252
12.5. Последовательность выполнения эскиза.....	253
12.6. Измерительные инструменты и приемы обмера деталей.....	257
12.6. Шероховатость поверхности.....	260
Вопросы для самоконтроля.....	266
Глава 13. Сборочные чертежи. Деталирование чертежей общего ви- да.....	267
13.1. Назначение и содержание сборочных чертежей.....	267
13.2. Составление спецификации.....	271
13.3. Нанесение номеров позиций.....	275
13.4. Дополнительные сведения о сборочных чертежах.....	276
13.5. Уплотнительные устройства.....	279
13.6. Условности и упрощения.....	281
13.7. Понятие о чертеже общего вида.....	285
13.8. Последовательность этапов деталирования.....	285

Вопросы для самоконтроля.....	294
Глава 14. Графическое оформление и чтение строительных чертежей.....	295
14.1. Проектирование зданий и сооружений. Документация и стандартизация в строительном проектировании.....	295
14.2. Комплекты чертежей в проекте строительного объекта	302
14.3. Использование стандартов графического оформления в строительных чертежах.....	303
14.4. Модульная координация размеров в строительстве.....	305
14.5. Общие правила графического оформления строительных чертежей.....	311
14.6. Условные графические обозначения строительных материалов.....	318
14.7. Сопровождающие тексты, таблицы, выноски, ссылки..	321
Вопросы для самоконтроля.....	330
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	331
Приложения.....	332
Литература.....	355
Словарь терминов.....	356
Алфавитно-предметный указатель.....	365

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная графика включает в себя как элементы начертательной геометрии (теоретические основы построения чертежей геометрических фигур), так и технического черчения (составление и чтение чертежей изделий). В процессе изучения дисциплины студенты знакомятся с основными правилами и требованиями к порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации. Кроме того, решение геометрических задач развивает способность к пространственному представлению и логическому мышлению, без чего невозможно никакое техническое творчество.

В результате изучения курса «Начертательная геометрия. Инженерная графика» студент должен:

- знать теоретические основы построения изображений различных геометрических фигур;
- изучить способы построения изображений простых предметов и относящиеся к ним условности стандартов ЕСКД;
- уметь определить геометрические формы простых деталей по их изображениям и уметь выполнить эти изображения;
- ознакомиться с изображением некоторых видов соединений деталей и уметь читать чертежи технических устройств, а также выполнять эти чертежи с учетом требований стандартов;
- уметь читать и выполнять чертежи сборочных единиц.

Знания, умения и навыки, приобретенные при изучении данного курса, необходимы для изучения общеинженерных и специальных дисциплин, а также в последующей производственной деятельности.

В основе правил построения изображений, рассматриваемых в инженерной графике, лежит метод проекций (от лат. *projectio* - бросание вперед, вдаль). Изучение начинают с построения проекций точки, так как при построении изображения любой пространственной формы рассматривается ряд точек, принадлежащих этой форме.

Для обозначения геометрических фигур и их проекций, для отображения отношений между геометрическими фигурами, а также для краткости записей геометрических предложений, алгоритмов решения задач и доказательства теорем в курсе используется *геометрический язык*, составленный из элементов и символов.

Особое внимание уделяется символам, которые используются для обозначения проекций геометрических фигур.

В предлагаемом издании приняты следующие обозначения:

1. Точки в пространстве – прописными буквами латинского алфавита – A, B, C, \dots или цифрами – $1, 2, 3 \dots$
2. Последовательность точек (и других элементов) – подстрочными индексами: $A_1, A_2, A_3, \dots, B_1, B_2, B_3, \dots$
3. Линии в пространстве – по точкам, определяющим данную линию – AB, CD, \dots
4. Углы – прописными буквами греческого алфавита – $\alpha, \beta, \gamma, \dots$
5. Плоскости – прописными буквами латинского алфавита – P, R, Q, \dots
6. Поверхности – прописными буквами греческого алфавита – $\Psi, \Phi, \Omega, \dots$
7. Плоскости проекций:
 - горизонтальная – H ;
 - фронтальная – V ;
 - профильная – W .
8. Центр проецирования – буквой S .
9. Система координатных осей – x, y, z, O , где оси проекций обозначаются буквами:
 - абсцисс – x ;
 - ординат – y ;
 - аппликат – z ;
 - начало координат – буквой O ;
 - новые оси проекций, полученные при замене плоскостей проекций x_1, x_2, \dots
10. Проекция точек: на горизонтальную плоскость проекций – a ;
на фронтальную плоскость проекций – a' ;
на профильную плоскость проекций – a'' .
11. Проекция линии – по проекциям точек, определяющим линию – $ab, a'b', a''b''$.
12. Совпадение, тождество – \equiv .
13. Совпадение, равенство – $=$.
14. Параллельность – $//$.
15. Перпендикулярность – \perp .
16. Скрещивание – \bullet .
17. Отображение – \rightarrow .
18. Принадлежность элемента (точки) множеству (прямой, плоскости и т.д.) – \in .
19. Принадлежность подмножества (прямой) множеству (плоскости, поверхности) – \subset .
20. Пересечение множеств – \cap .

Глава 1

ИЗ ИСТОРИИ ГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Графические изображения появились на ранних ступенях развития человеческого общества. Судя по тем из них, которые дошли до нашего времени, они были тесно связаны с производством и ремеслом.

Первые изображения выполнялись простейшими инструментами и в виде рисунков, отражающих только внешнюю форму предметов. Дальнейшее развитие производственной деятельности человека потребовало более точного изображения пространственных предметов.

Строительство крепостных укреплений и различных сооружений требовало их предварительного изображения на плоскости. Сохранившиеся остатки величественных сооружений античного мира говорят о том, что при их строительстве использовались планы и другие изображения возводимых сооружений.

Одновременно с развитием графических изображений развивалась наука, определяющая правила и теорию этого процесса. Первые труды в этом направлении появились в V – III вв до н. э. Это работы Гиппократ, Пифагора, Архимеда и др. Дальнейшее развитие направление получило в трудах многих выдающихся ученых. Итальянский ученый Леон Баттиста Альберти (1404 – 1472) дал основы теоретической перспективы. Гениальный итальянский художник и ученый Леонардо да Винчи (1452 – 1519) дополнил перспективу учением «Об уменьшении цветов и отчетливости очертаний». Немецкий художник и гравер Альбрехт Дюрер (1471 – 1528) внес большой вклад в развитие перспективы. Известен его способ построения перспективы по двум ортогональным проекциям предмета. Итальянский ученый Гвидо Убальди (1545 – 1607) по праву может считаться основателем теоретической перспективы, т. к. в его работах содержится решение почти всех основных задач перспективы. Французский архитектор и математик Жерар Дезарг (1593 – 1662) впервые применил для построения перспективы метод координат, положив тем самым начало аксонометрическому методу в начертательной геометрии.

В конце XVIII века французский ученый Гаспар Монж (1746 – 1818 гг.) обобщил ранее накопленный опыт по теории и практике изображений и создал стройную научную дисциплину о прямоугольных проекциях. В 1798 г. он издал свой труд «Начертательная геометрия», в котором предложил рассматривать плоский чертеж, состоящий из двух проекций, как результат совмещения двух взаимно перпендикулярных плоскостей проекций. Это совмещение достигается путем вращения

плоскостей вокруг прямой их пересечения, получившей впоследствии название «оси проекций».

Интенсивно развивалась графика и в Древней Руси, причем развитие шло своим собственным самобытным путем. До нас дошли выполненные по соответствующим правилам план города Пскова (1581), «Чертеж Московского кремля» (1600), «Чертежная книга Сибири», составленная Семеном Ремезовым в 1701 г.

Большой толчок в развитии способов изображения вызвало развитие техники и связанного с ним изобретательства и открытий. В 1763 г. И.И. Ползунов изготовил чертежи изобретенной заводской паровой машины. Сохранились также чертежи механика – самоучки И.П. Кулибина. Например, чертежи однопролетного арочного моста через Неву (1773).

С открытием в 1810 г. в Петербурге Института корпуса инженеров путей сообщения наряду с другими дисциплинами там начал преподаваться курс начертательной геометрии. Первым профессором по курсу начертательной геометрии был назначен ученик Г. Монжа французский инженер Карл Потье. С 1818 г. лекции по начертательной геометрии в этом институте стал читать профессор Я.А. Севастьянов (1796 – 1849). В 1821 г. он издает оригинальный курс под названием «Основания начертательной геометрии». Это был первый в России учебник по начертательной геометрии на русском языке.

Дальнейшее развитие начертательной геометрии в России связано с именами М.И. Макарова (1824 – 1904), В.И. Курдюмова (1853 – 1904), Е.С. Федорова (1853 – 1919) и других ученых.

В октябре 1900 г. начались занятия в первом в Сибири техническом вузе – Томском технологическом институте (Томском политехническом университете). Первым лектором по начертательной геометрии в институте был Валентин Николаевич Джонс. В своих учебниках («Курс начертательной геометрии» и «Задачи к курсу начертательной геометрии»), изданных в Томске в 1904 г. он впервые в России применил безосные чертежи.

Значительный вклад в развитие научных исследований в области выполнения графических изображений, а также преподавания начертательной геометрии и черчения сделали профессор Н.А. Рынин (1887 – 1943), профессор В.О. Гордон (1892 – 1971), академик Н.Ф. Четверухин (1891 – 1974), профессор И.И. Котов (1909 – 1976) и многие другие.

Широкое разнообразие выполняемых чертежей потребовало единых правил и условностей их изготовления. В России они регламентируются Государственными стандартами России, а чертежи, предназначенные для разных стран – международными стандартами ISO.

Глава 2

МЕТОД ПРОЕКЦИЙ

Изображения объектов трехмерного пространства на плоскости получают методом проецирования.

Аппарат проецирования включает в себя проецируемый объект, проецирующие лучи и плоскость, на которой получается изображение объекта.

2.1. Центральное проецирование

Центральное проецирование представляет собой общий случай проецирования геометрических образов на заданную плоскость. Проецирование осуществляется из некоторой точки – центра проецирования. Центр проецирования не должен находиться в плоскости проекций. На рис. 2.1 точка S – центр проецирования, плоскость P – плоскость проекций. Чтобы получить центральную проекцию точки, проводят проецирующую прямую через данную точку и центр проецирования. Точка пересечения этой прямой с плоскостью проекций является центральной проекцией заданной точки на выбранную плоскость.

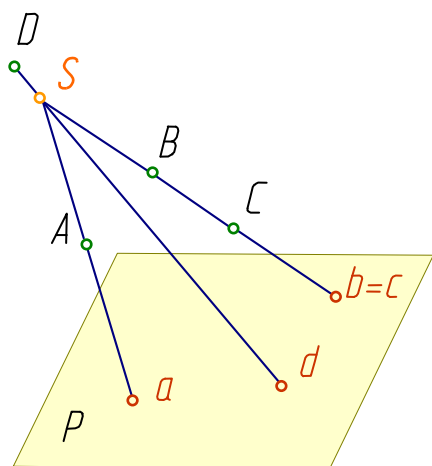


Рис. 2.1

Точки a, b, c, d являются центральными проекциями точек A, B, C, D на плоскости P .

Центральные проекции b и c двух различных точек B и C , лежащих на одной проецирующей прямой, совпадают.

Следовательно, при заданных плоскости проекции и центре проецирования одна точка в пространстве имеет одну центральную проекцию. Но одна проекция точки не позволяет однозначно определить положение точки в пространстве. Для обеспечения обратимости чертежа нужны дополнительные условия.

Центральным проецированием может быть построена проекция любой линии или поверхности как множество проекций всех ее точек. При этом проецирующие прямые, проведенные через все точки кривой линии, образуют проецирующую коническую поверхность (рис. 2.2) или могут оказаться в одной плоскости (рис. 2.3).

Проекция кривой линии представляет собой линию пересечения проецирующей конической поверхности с плоскостью проекций. Так на

рис. 2.2 проецирующая коническая поверхность Φ пересекается с плоскостью проекций P по кривой ab , являющейся проекцией линии AB . Однако проекция линии не определяет проецируемую линию, так как на проецирующей поверхности может быть бесчисленное количество линий, проецирующихся в одну и ту же линию на плоскости проекций.

При проецировании прямой линии, которая не проходит через центр проецирования, проецирующей поверхностью является плоскость. На рис. 2.3 проецирующая плоскость Q образована проецирующими прямыми SC и SD , которые проходят через точки C и D прямой CD . Плоскость Q пересекает плоскость проекций P по линии cd . Эта линия является проекцией прямой CD . Так как точка M принадлежит прямой CD , то ее проекция – точка m – принадлежит проекции cd .

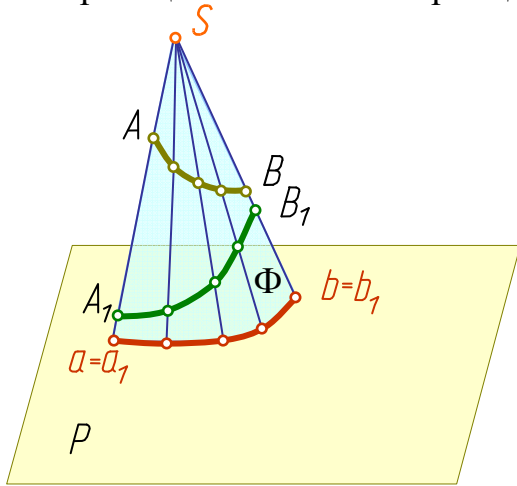


Рис. 2.2

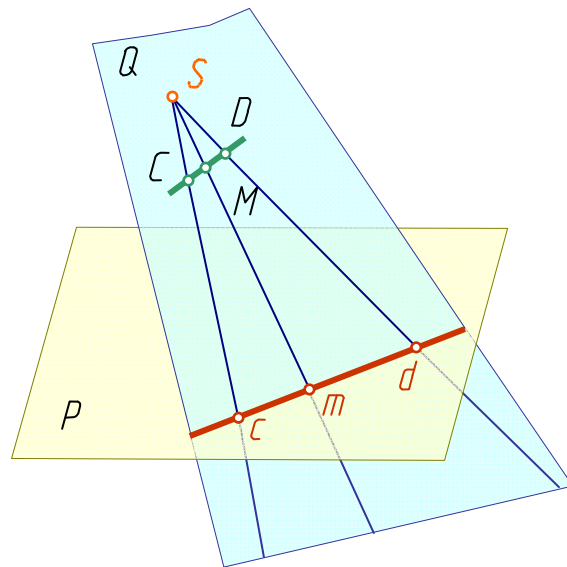


Рис. 2.3

Для построения проекций линий, поверхностей или тел часто достаточно построить проекции лишь некоторых (характерных) точек. Например, при построении проекции треугольника (рис. 2.4) достаточно построить проекции трех его точек – вершин A, B, C .

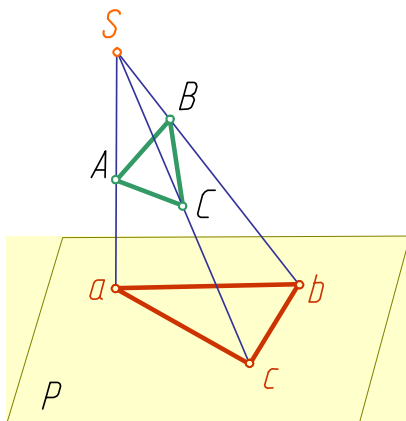


Рис. 2.4

Отметим основные свойства центрального проецирования:

1. При центральном проецировании:

- а) точка проецируется в точку;
- б) если прямая не проходит через центр проецирования, она проецируется в прямую (проецирующая прямая – в точку);
- в) если плоская (двумерная) фигура

не принадлежит проецирующей плоскости, она проецируется в двумерную фигуру (если фигура принадлежит проецирующей плоскости, она проецируется в прямую линию);

- г) трехмерная фигура проецируется в двумерную;
- д) центральные проекции фигур сохраняют взаимную принадлежность, непрерывность и некоторые другие геометрические свойства.

2. При заданном центре проецирования фигуры на параллельных плоскостях подобны.

3. Центральное проецирование устанавливает однозначное соответствие между фигурой и ее изображением, например изображения на киноэкране, фотопленке.

Центральные проекции имеют большую наглядность, но имеют и недостатки. Они заключаются в сложности построения изображения предмета и определения его истинных размеров. Поэтому этот способ имеет ограниченное применение. Его применяют при построении перспектив зданий и сооружений, в живописи и т.д.

2.2. Параллельное проецирование

Параллельное проецирование можно рассматривать как частный случай центрального проецирования. При этом центр проецирования удален в бесконечность (S_∞). При параллельном проецировании применяют параллельные проецирующие прямые. Их проводят в заданном направлении относительно плоскости проекций. Если направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, то проекции называют *прямоугольными* или *ортогональными*, в других случаях – *косоугольными*.

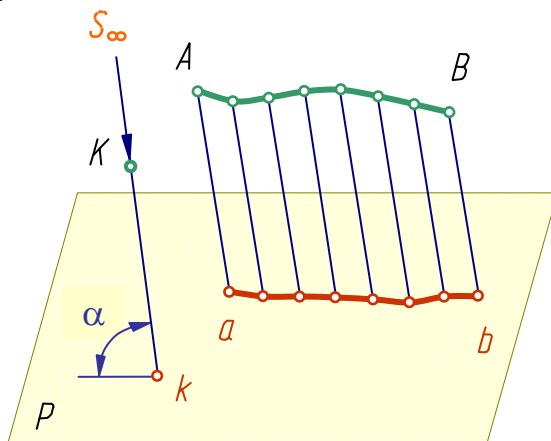


Рис. 2.5

На рис. 2.5 направление проецирования указано стрелкой под углом $\alpha \neq 90^\circ$ к плоскости проекций P .

При параллельном проецировании сохраняются все свойства центрального проецирования, которые дополняются новыми:

1. Параллельные проекции взаимно параллельных прямых параллельны, а отношение длин отрезков этих прямых равно отношению длин их проекций.

2. Плоская фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется на эту плоскость в такую же фигуру.

3. Параллельный перенос фигуры в пространстве или плоскости проекций не изменяет вида и размеров проекции фигуры.

Применяя приемы параллельного проецирования точки и линии, можно строить параллельные проекции поверхности и тела. Параллельные проекции, как и центральные, не обеспечивают обратимости чертежа.

2.3. Способы дополнения проекционных чертежей

При проецировании на одну плоскость проекций между проецируемой фигурой и ее проекцией не существует взаимнооднозначного соответствия. Так, каждому проецируемому предмету при заданном его положении и выбранном направлении проецирования l соответствует единственная его проекция. Однако полученная фигура может быть проекцией бесконечного множества других фигур, которые отличаются друг от друга по величине и по форме. Из рис. 2.6 видно, что пространственной точке M соответствует единственная ее проекция на плоскости P – точка m . В то же время точка m является проекцией множества точек, лежащих на проецирующей прямой (M, M_1, M_2, M_3) .

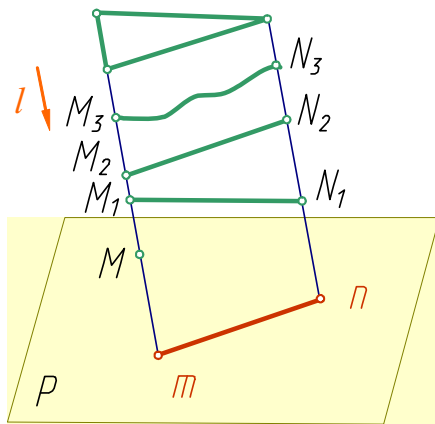


Рис. 2.6

Прямолинейный отрезок mn может быть проекцией не только прямолинейного отрезка M_1N_1 или M_2N_2 , но проекцией кривой линии M_3N_3 и любой плоской фигуры, расположенной в проецирующей плоскости.

Следовательно, изображение пространственной фигуры является не полным. Мы можем правильно понять чертеж тогда, когда он будет сопровождаться дополнительными пояснениями.

Рассмотрим некоторые способы дополнения проекционного изображения, позволяющие сделать его «обратимым», то есть однозначно определяющим проецируемый предмет.

Способ проекций с числовыми отметками

Этот способ лежит в основе построения чертежей планов местности и некоторых инженерных сооружений (плотин, дорог, дамб и т.п.). Этот способ заключается в том, что положение любой точки в пространстве определяется ее прямоугольной проекцией на некоторую го-

горизонтальную плоскость. Эту плоскость принимают за плоскость нулевого уровня (рис. 2.7).

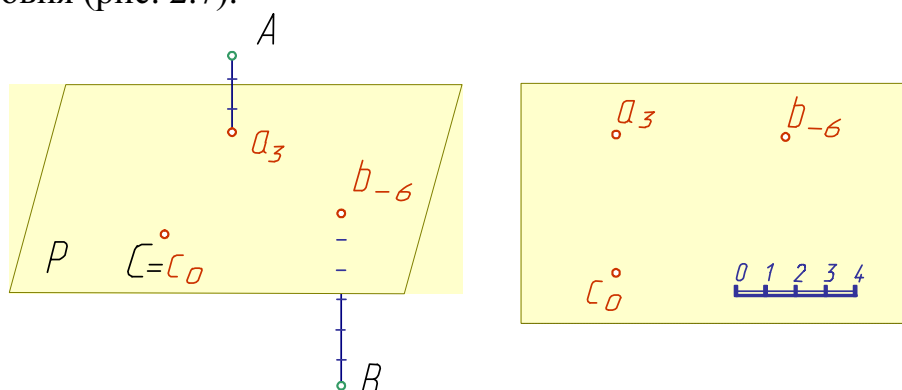


Рис. 2.7

Рядом с проекциями точек (a , b , c) указывают их отметку. Отметка указывает расстояние от точки до плоскости проекций.

Способ векторных проекций

Академик Е.С. Федоров предложил изображать высоты точек при помощи параллельных отрезков на плоскости проекций. Начало этих отрезков находится в проекциях соответствующих точек. Направление всех высотных отрезков произвольно. Если точки расположены выше горизонтальной плоскости, высотные отрезки, а также числовые отметки считаются положительными. Если точки расположены ниже плоскости, – отрицательными. Положительные и отрицательные высотные отрезки в «федоровских проекциях» отличаются противоположным направлением. Чертежи в «федоровских проекциях» применяют в геологии, горном деле, топографии (рис. 2.8).

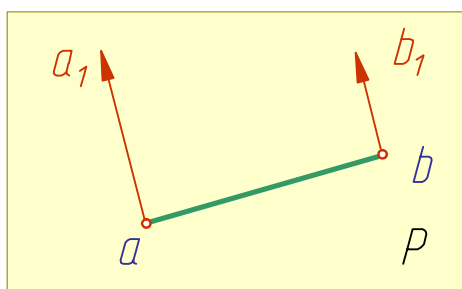


Рис. 2.8

Способ прямоугольных проекций

Чертеж в системе прямоугольных проекций образуется при проецировании предмета не на одну, а на две или три взаимно перпендику-

лярные плоскости проекций. Этот способ является частным случаем параллельного проецирования. Направление проецирования l перпендикулярно плоскости проекций. Из точки опускается перпендикуляр на плоскость проекций. Основание перпендикуляра является прямоугольной (ортогональной) проекцией точки.

Осуществлять проецирование на две взаимно перпендикулярные плоскости впервые предложил Гаспар Монж.

Такое проецирование обеспечивает обратимость чертежа. *Обратимость чертежа – однозначное определение положения точки в пространстве по ее проекциям.* Одну из плоскостей принято располагать горизонтально – ее называют горизонтальной плоскостью проекций H , другую – ей перпендикулярно. Такую вертикальную плоскость называют фронтальной плоскостью проекций V . Эти плоскости проекций пересекаются по линии, которая называется *осью проекций* (рис. 2.9).

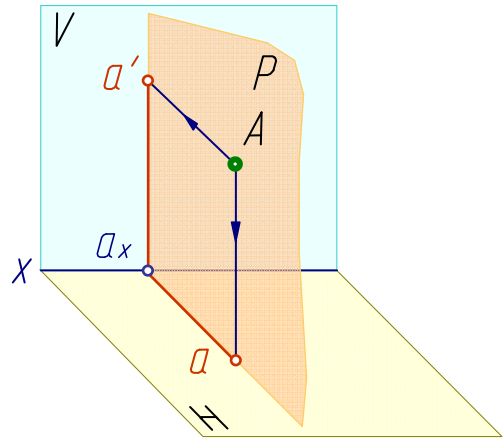


Рис. 2.9

Чтобы получить проекции точки на плоскости, опускаем из точки A в пространстве перпендикуляры (проецирующие лучи) до встречи с плоскостями H и V . Проецирующие лучи образуют плоскость P . Эта плоскость перпендикулярна плоскостям H и V и пересекает их по прямым, перпендикулярным оси проекций, а саму ось в точке a_x , то есть прямые aa_x , $a'a_x$ и ось x взаимно перпендикулярны.

Построение некоторой точки A в пространстве по двум заданным ее проекциям – горизонтальной a и фронтальной a' показано на рис. 2.10. Точку A находят в пересечении перпендикуляров, проведенных из проекции a к плоскости H и из проекции a' к плоскости V . Проведенные перпендикуляры принадлежат одной плоскости P , перпендикулярной плоскостям H и V , и пересекаются в единственной искомой точке A пространства.

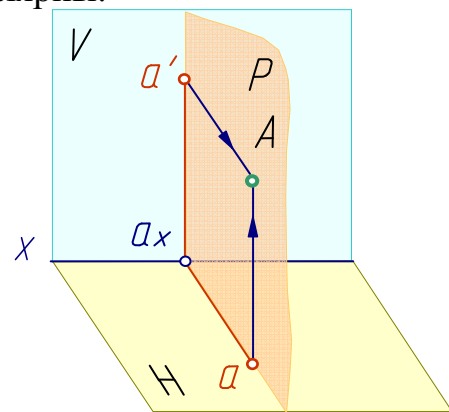


Рис. 2.10

Таким образом, две прямоугольные проекции точки определяют ее положение в пространстве относительно данной системы взаимно перпендикулярных плоскостей проекций.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается процесс проецирования?
2. Как строится проекция точки при центральном проецировании?
3. В каком случае проекция точки будет совпадать с точкой–оригиналом?
4. В каком случае при центральном проецировании проекция прямой линии представляет собой точку?
5. В чем заключается способ проецирования, называемый параллельным?
6. Как строится параллельная проекция прямой линии?
7. Может ли параллельная проекция прямой линии представлять собой точку?
8. Какие свойства являются общими для центрального и параллельного проецирования?
9. Если точка принадлежит прямой, то каким образом располагаются ее проекции?
10. Для какой цели используется дополнение проекционных чертежей?
11. Какие способы дополнения проекционных чертежей вы знаете?

Глава 3

ТОЧКА И ПРЯМАЯ

Для полного выявления наружных и внутренних форм деталей и их соединений вводят три и более плоскости проекций.

Введем в систему плоскостей H и V третью плоскость. Располагаем ее перпендикулярно плоскостям H и V . Эту плоскость называют *профильной плоскостью проекций* и обозначают буквой W (рис. 3.1). Плоскость W пересекает плоскость H и V по линиям (осям проекций) y и z . Точку пересечения всех осей называют *началом координат* и обозначают буквой O (от латинского слова «*origo*» – начало). Оси x , y , z взаимно перпендикулярны.

Три взаимно-перпендикулярные плоскости делят пространство на восемь частей, восемь октантов (рис. 3.2) (от лат. *octo* – восемь).

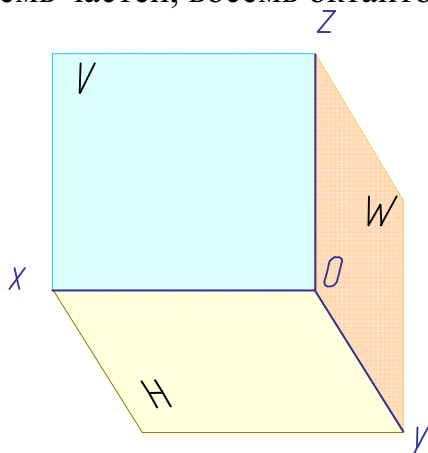


Рис. 3.1

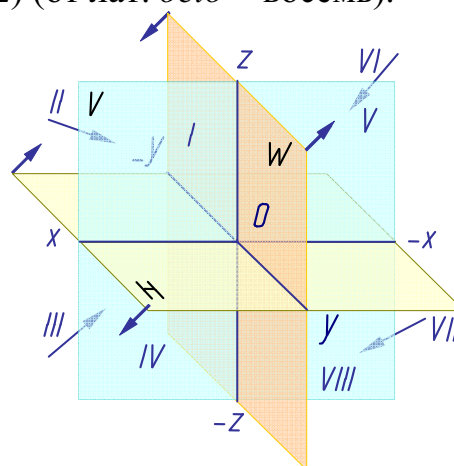


Рис. 3.2

В нашей стране принята европейская система расположения проекций. Ось x направлена от начала координат влево, y – вперед (к нам), z – вверх. Обратные направления координатных осей считаются отрицательными.

3.1. Чертеж точки

Опустим из точки A проецирующие лучи (перпендикуляры) до пересечения с плоскостями проекций H , V и W . Точки пересечения перпендикуляров с плоскостями проекций – это проекции точки на каждую из плоскостей проекций:

a – горизонтальная;

a' – фронтальная;

a'' – профильная.

Данное наглядное изображение точки в системе плоскостей H , V и W (рис. 3.3) неудобно для черчения из-за сложности. Преобразуем его так, чтобы горизонтальная и профильная плоскости проекций совпали с фронтальной плоскостью проекций, образуя одну плоскость чертежа (рис. 3.4).

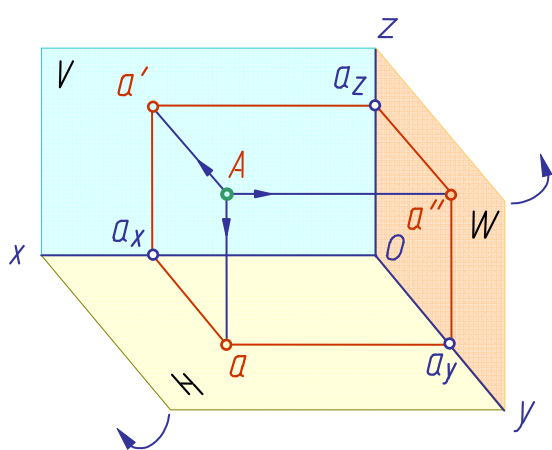


Рис. 3.3

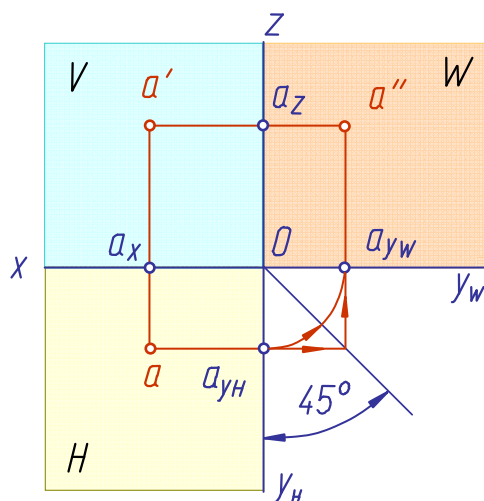


Рис. 3.4

Это преобразование осуществляют путем поворота вокруг оси x плоскости H на угол 90° вниз и плоскости W на угол 90° вправо вокруг оси z . В результате указанного совмещения плоскостей получаем чертеж, называемый *эпюр Монжа* (от франц. *epure* – чертеж, проект).

На эпюре мы не можем показать пространственную картину расположения плоскостей проекций и точки. Но эпюр обеспечивает точность изображений при значительной простоте построений.

В дальнейшем эпюр Монжа, а также проекционные чертежи будем называть одним словом – *чертеж* (или комплексный чертеж).

Горизонтальная и фронтальная проекции точки (a и a') расположены на одном перпендикуляре к оси x – на линии связи aa' , фронтальная и профильная проекции (a' и a'') – на одном перпендикуляре к оси z – на линии связи $a'a''$.

Построение профильной проекции точки по ее фронтальной и горизонтальной проекциям показано на рис. 3.4. При построении можно использовать дугу окружности с центром в точке O , или биссектрису угла $y_H O y_W$. Первый способ более точный.

Таким образом, на комплексном чертеже трех ортогональных проекций точки

- две проекции находятся на одной линии связи;
- линии связи перпендикулярны осям проекций;

- две проекции точки определяют положение ее третьей проекции;

- две проекции точки определяют ее положение в пространстве.

Положение точки в пространстве задается при помощи трех ее координат (абсциссы x , ординаты y и аппликаты z), то есть трех чисел, выражающих расстояние от этой точки до координатных плоскостей проекций. Запись координат точки производят в такой форме: $A(x, y, z)$.

Положение точки на плоскости определяют две координаты:

$$a(x, y); \quad a'(x, z); \quad a''(y, z).$$

По отношению к плоскостям проекций точка может занимать как общее (точка A), так и частные (точки B и C) положения (рис. 3.5). Если точка лежит в плоскости проекций, то две ее проекции лежат на осях проекций (точка B). У такой точки одна ее координата равна нулю. Если точка принадлежит одновременно двум плоскостям проекций (точка C), то она лежит на оси проекций. Две ее проекции совпадают, а третья совпадает с точкой O – началом координат. В этом случае две ее координаты равны нулю. Если точка принадлежит трем плоскостям проекций, то она расположена в начале координат.

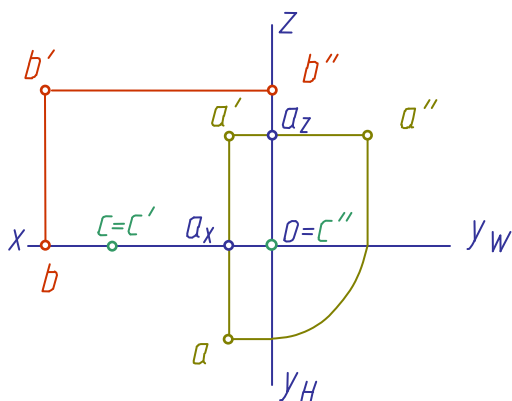


Рис. 3.5

Таким образом, величины отрезков линий связи на чертеже определяют численное расстояние проецируемой точки до плоскости проекций. Отрезок $a_x a$ указывает, на каком расстоянии (глубине) расположена точка от фронтальной плоскости проекций, отрезок $a_x a'$ – расстояние (высоту) от точки до горизонтальной плоскости проекций и отрезок $a' a_z$ – расстояние от точки до профильной плоскости проекций (рис. 3.4).

3.2. Взаимное положение двух точек. Условия видимости на чертеже

Рассмотрим чертеж модели, изображенной на рис. 3.6. Проекции некоторых точек совпадают, так как они расположены на одной проецирующей прямой. Например, на горизонтальной плоскости совпали проекции a и b вершин A и B – они лежат на одной горизонтально – проецирующей прямой. На фронтальной плоскости совпали проекции c' и d' вершин C и D – они лежат на одной фронтально-проецирующей прямой.

Точки, лежащие на одной проецирующей прямой, называют *конкурирующими*. A и B – горизонтально-конкурирующие точки, а C и D – фронтально-конкурирующие точки и т.д.

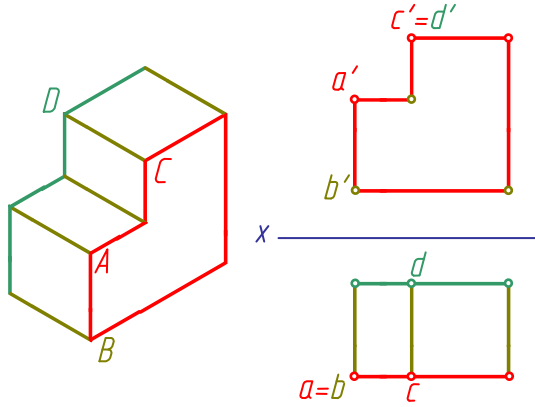


Рис. 3.6

Ясно, что если две точки лежат на одной проецирующей прямой, то одна из них закрывает другую. Как определить, какая из них будет видимая и какая невидимая? Из двух горизонтально-конкурирующих точек на горизонтальной плоскости видима та, которая расположена в пространстве выше. Анализируя положение фронтальных проекций точек (рис. 3.7), определяем, что точка A имеет большую координату z , чем точка B . Следовательно, точка A расположена выше точки B и при проецировании на горизонтальную плоскость проекций закроет точку B . Точка A на горизонтальной плоскости видима, точка B – невидима. На фронтальной плоскости они обе видимы.

Из двух фронтально-конкурирующих точек на фронтальной плоскости проекций будет видима та, которая расположена ближе к наблюдателю, стоящему лицом к фронтальной плоскости проекций (рис. 3.8).

Какая из точек ближе к наблюдателю, можно определить по горизонтальным проекциям. Например, сравнивая горизонтальные проекции точек D и C , заключаем, что на фронтальной плоскости проекций видима точка C , а точка D – невидима, так как $y_C > y_D$.

Из двух профильно-конкурирующих точек на профильной плоскости проекций будет видима та точка, которая расположена левее.

Из двух фронтально-конкурирующих точек на фронтальной плоскости проекций будет видима та, которая расположена ближе к наблюдателю, стоящему лицом к фронтальной плоскости проекций (рис. 3.8).

Анализируя положение фронтальных проекций точек (рис. 3.7), определяем, что точка A имеет большую координату z , чем точка B . Следовательно, точка A расположена выше точки B и при проецировании на горизонтальную плоскость проекций закроет точку B . Точка A на горизонтальной плоскости видима, точка B – невидима. На фронтальной плоскости они обе видимы.

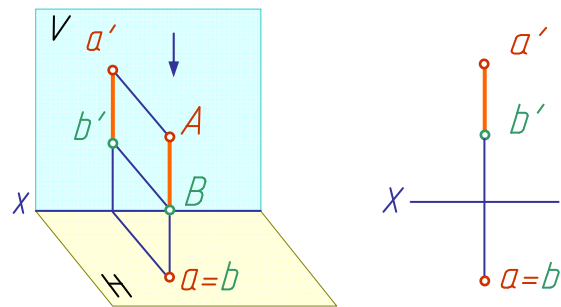


Рис. 3.7

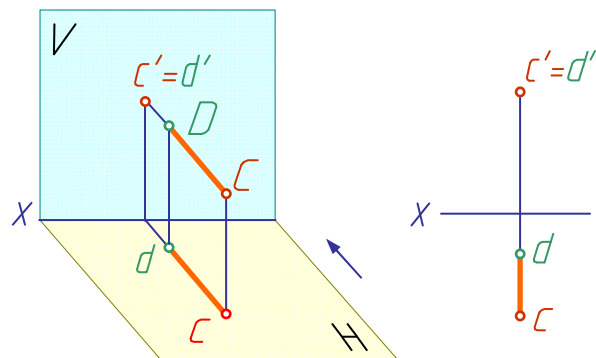


Рис. 3.8

Итак, если на чертеже одноименные проекции точек не совпадают или совпадает только одна пара проекций, то такие точки в пространстве не совпадают, а удалены друг от друга на определенное расстояние (рис. 3.7, 3.8).

3.3. Чертеж отрезка прямой. Прямые частного положения

Наглядное изображение отрезка AB прямой и его ортогональное проецирование на плоскость P показано на рис. 3.9. Рассмотрим ортогональное проецирование отрезка AB с учетом свойств параллельного проецирования. Проецирующие прямые Aa и Bb образуют проецирующую плоскость Q . Линия пересечения плоскостей Q и P проходит через проекции a и b точек A и B на плоскости проекций P . Эта линия и является единственной проекцией прямой AB на плоскости проекций P .

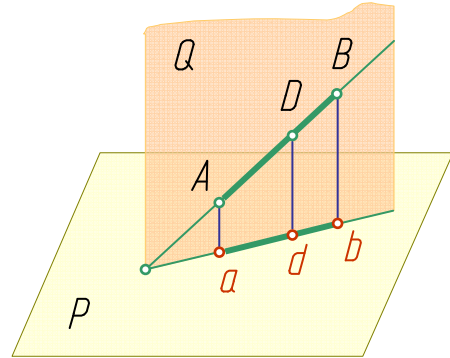


Рис. 3.9

Наглядное изображение проецирования отрезка AB прямой на две плоскости проекций в системе H, V показано на рис. 3.10, чертеж – на рис. 3.11.

Если какая-либо точка принадлежит прямой, то ее проекция принадлежит проекции прямой. Например, точка D (рис. 3.9) принадлежит прямой AB , ее проекции – проекциям прямой.

Относительно плоскостей проекции прямая может занимать различные положения:

- не параллельное ни одной из плоскостей проекций H, V, W ;
- параллельное одной из плоскостей проекций (прямая может и принадлежать этой плоскости);
- параллельное двум плоскостям проекций, то есть перпендикулярное третьей.

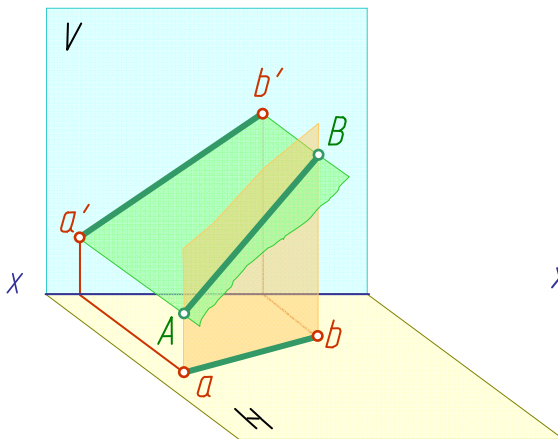


Рис. 3.10

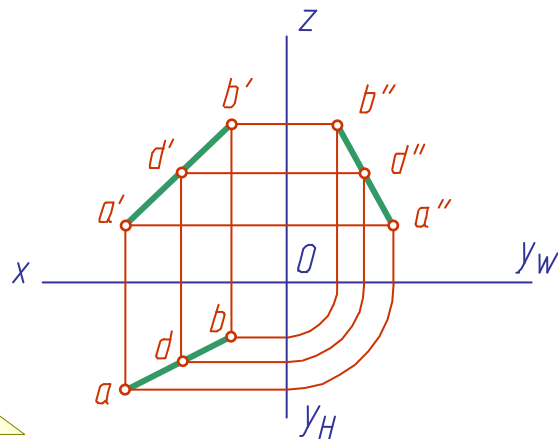


Рис. 3.11

Прямую, не параллельную ни одной из плоскостей проекций, называют *прямой общего положения* (рис. 3.9 – 3.11).

Прямую, параллельную одной из плоскостей проекций или двум плоскостям проекций (то есть перпендикулярную третьей), называют *прямой частного положения*.

На рис. 3.12 – 3.14 приведены наглядные изображения и чертежи прямых частного положения – прямых, параллельных плоскостям проекций. Такие прямые называют *прямыми уровня*.

Различают три вида таких прямых.

Прямая AB параллельна плоскости H

Такую прямую называют «*горизонтальной прямой*» (рис. 3.12).

Фронтальная проекция прямой $a'b'$ параллельна оси x ; профильная проекция $a''b''$ параллельна оси y_w ; длина горизонтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($ab=AB$); угол β , образованный горизонтальной проекцией и осью проекции x , равен углу наклона прямой к фронтальной плоскости проекций; угол γ , образованный горизонтальной проекцией и осью проекции y_H , равен углу наклона прямой к профильной плоскости проекций:

$$\begin{aligned} |ab| &= |AB|; & (a'b') & // (Ox); & (a''b'') & // (Oy_w); \\ (AB \wedge V) &= (ab \wedge Ox) = \beta; & (AB \wedge W) &= (ab \wedge Oy_H) = \gamma. \end{aligned}$$

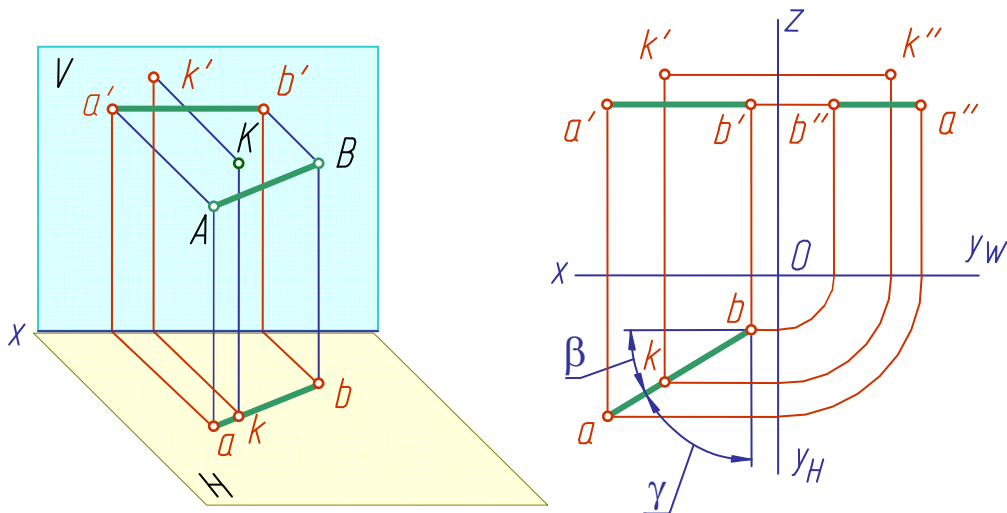


Рис. 3.12

Прямая CD параллельна плоскости V

Такую прямую называют «*фронтальной прямой*» (рис. 3.13).

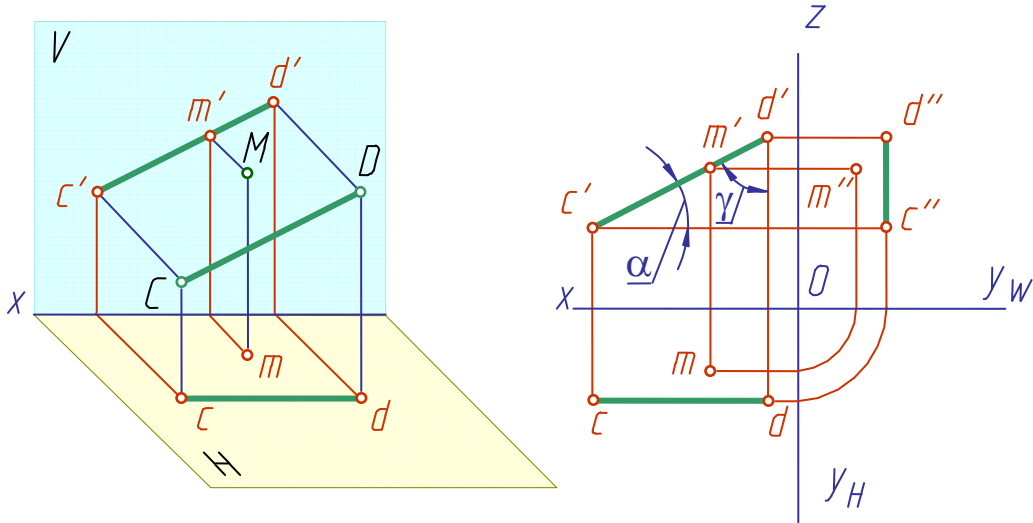


Рис. 3.13

Горизонтальная проекция прямой cd параллельна оси x ; профильная проекция $c''d''$ параллельна оси z ; длина фронтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($c'd' = CD$); угол α , образованный фронтальной проекцией и осью проекций x , равен углу наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций; угол γ , образованный фронтальной проекцией и осью z , равен углу наклона прямой к профильной плоскости проекций:

$$\begin{aligned} |c'd'| &= |CD|; & (cd) & \parallel (Ox); & (c''d'') & \parallel (Oz); \\ (CD \wedge H) &= (c'd' \wedge Ox) = \alpha; & (CD \wedge W) &= (c''d'' \wedge Oz) = \gamma. \end{aligned}$$

Прямая EF параллельна плоскости W

Такая прямая носит название «*профильная прямая*» (рис. 3.14).

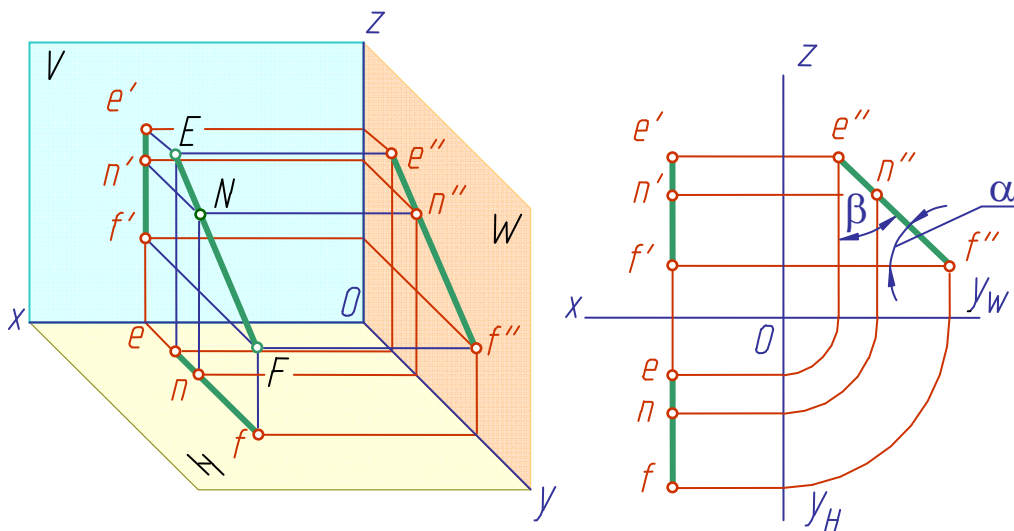


Рис. 3.14

Горизонтальная проекция прямой ef параллельна оси u_H ; фронтальная проекция $e'f'$ параллельна оси z ; длина профильной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($e''f''=EF$); углы α и β , образованные профильной проекцией с осями u_W и z , равны углам наклона прямой к горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций соответственно:

$$\begin{aligned} |e''f''| &= |EF|; & (ef) // (Oy_H); & (e'f') = (Oz); \\ (EF \wedge H) &= (e''f'' \wedge Oy_W) = \alpha; & (EF \wedge V) &= (e''f'' \wedge Oz) = \beta. \end{aligned}$$

Следовательно, каждая линия уровня проецируется в истинную величину на ту плоскость проекций, которой она параллельна. На ту же плоскость проекций проецируются без искажения и углы, которые эта прямая образует с остальными двумя плоскостями проекций.

На рис. 3.15 приведены чертежи прямых, перпендикулярных плоскостям проекций. Такие прямые называются *проецирующими прямыми*. Различают три вида таких прямых.

Прямая AB перпендикулярна плоскости H

AB – горизонтально-проецирующая прямая. Ее проекция $a'b'$ перпендикулярна оси x , проекция $a''b''$ перпендикулярна оси u_W , проекции a и b совпадают (рис. 3.15, а):

$$\begin{aligned} (AB) \perp H; & (AB) // V; & (AB) // W; \\ ab - \text{точка}; & |a'b'| = |a''b''| = |AB|; & (a'b') \perp (Ox); & (a''b'') \perp (Oy_W). \end{aligned}$$

Прямая CD перпендикулярна плоскости V

CD – фронтально-проецирующая прямая. Ее проекция cd перпендикулярна оси x , проекция $c''d''$ перпендикулярна оси z , проекции c' и d' совпадают (рис. 3.15, б):

$$\begin{aligned} (CD) \perp V; & (CD) // H; & (CD) // W; \\ c'd' - \text{точка}; & |cd| = |c''d''| = |CD|; & (cd) \perp (Ox); & (c''d'') \perp (Oz). \end{aligned}$$

Прямая EF перпендикулярна плоскости W

EF – профильно-проецирующая прямая. Ее проекция ef перпендикулярна оси u_H , проекция $e'f'$ перпендикулярна оси z , проекции e'' и f'' совпадают (рис. 3.15, в):

$$\begin{aligned} (EF) \perp W; & (EF) // H; & (EF) // V; \\ e''f'' - \text{точка}; & |ef| = |e'f'| = |EF|; & (ef) \perp (Oy_H); & (e'f') \perp (Oz). \end{aligned}$$

Из чертежа видно, что *проецирующая прямая является вместе с тем и прямой двойного уровня, так как она параллельна одновременно двум другим плоскостям проекций.*

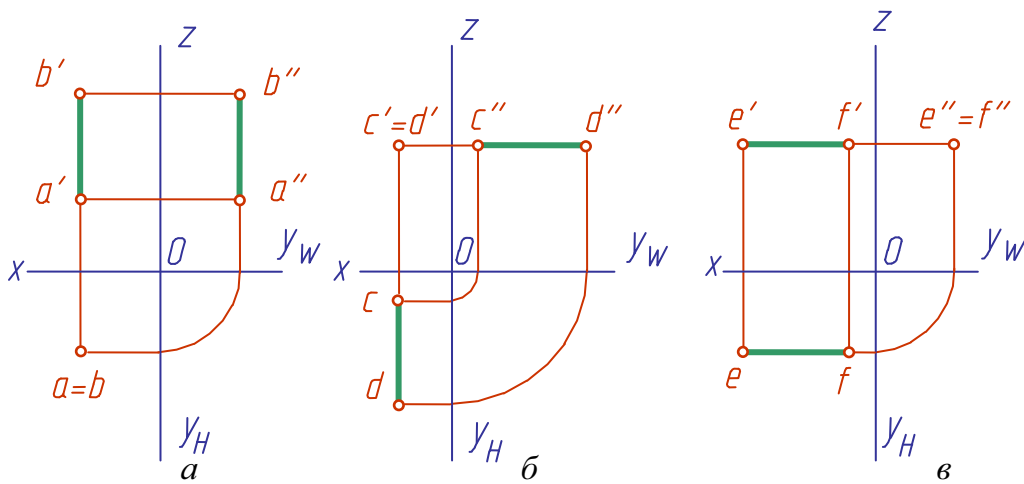


Рис. 3.15

Следовательно, на две плоскости проекций проецирующие прямые проецируются без искажения, то есть в натуральную величину, а на третью – в точку.

3.4. Взаимное положение точки и прямой

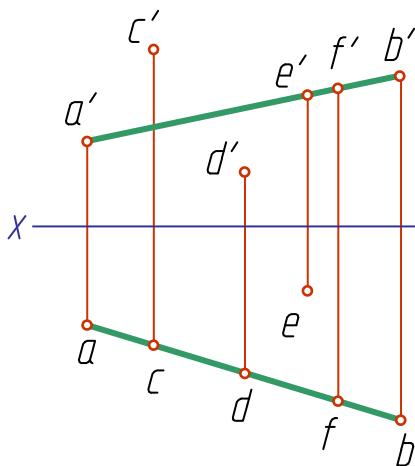


Рис. 3.16

Точка и прямая в пространстве могут быть различно расположены относительно друг друга и плоскости проекций.

Если точка в пространстве принадлежит прямой, то ее проекции принадлежат соответствующим проекциям этой прямой.

Если это положение нарушается, то точка данной прямой не принадлежит.

На рис. 3.12 – 3.14 это положение показано на наглядных изображениях и чертежах прямых линий и точек.

Рассмотрим еще раз это положение на плоскостном чертеже (рис. 3.16).

Точка F принадлежит прямой AB , так как горизонтальная проекция f точки принадлежит горизонтальной проекции ab прямой, а фронтальная проекция f' точки принадлежит фронтальной проекции $a'b'$ прямой:

$$(\cdot) F \in (AB) \Rightarrow (f \in ab) \wedge (f' \in a'b')$$

Точка C лежит над прямой AB , точка D лежит под прямой AB , точка E лежит за прямой AB :

$$(\cdot) C \notin (AB) \Rightarrow (c \in ab) \wedge (c' \notin a'b');$$

$$(\cdot) D \notin (AB) \Rightarrow (d \in ab) \wedge (d' \notin a'b');$$

$$(\cdot) E \notin (AB) \Rightarrow (e \notin ab) \wedge (e' \in a'b')$$

3.5. Следы прямой

Точки пересечения прямой линии с плоскостями проекций называются *следами прямой*. На рис. 3.17, а точка M – горизонтальный след прямой, точка N – фронтальный.

Горизонтальная проекция m горизонтального следа прямой совпадает с самим следом – точкой M (рис. 3.17, а), а фронтальная проекция этого следа m' лежит на оси x . Фронтальная проекция n' фронтального следа прямой совпадает с фронтальным следом – точкой N , а горизонтальная проекция n лежит на той же оси проекций.

Чтобы построить на плоскостном чертеже горизонтальный след прямой (точки m и m'), надо продолжить фронтальную проекцию $a'b'$ прямой до пересечения с осью x (точка m'). Затем через нее провести перпендикуляр к оси x до пересечения с продолжением горизонтальной проекции ab . Точка m – горизонтальная проекция горизонтального следа.

Для построения проекций фронтального следа (точек n и n') необходимо продолжить горизонтальную проекцию ab прямой до пересечения с осью x (точка n). Затем через нее провести перпендикуляр к оси x до пересечения с продолжением фронтальной проекции $a'b'$. Точка n' – фронтальная проекция фронтального следа. Построение проекций следов прямой показано на рис. 3.17, б.

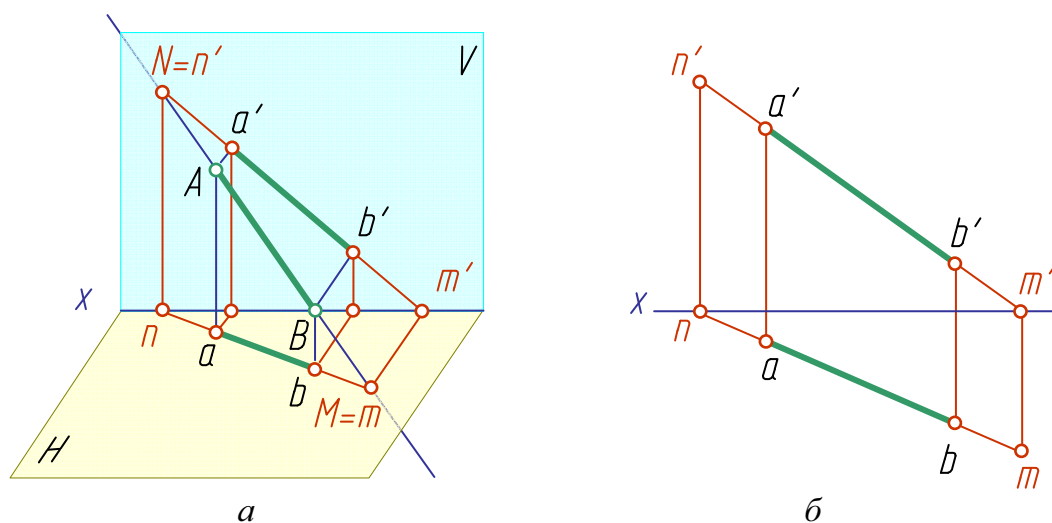


Рис. 3.17

Прямая может пересекать и профильную плоскость проекций, то есть иметь профильный след. Этот след на профильной плоскости проекций совпадает со своей проекцией. Фронтальная и горизонтальная проекции его лежат соответственно на осях z и y .

3.6. Взаимное положение двух прямых

Прямые в пространстве могут занимать различные взаимные положения:

- пересекаться, то есть иметь одну общую точку;
- быть параллельными, если точка пересечения прямых удалена в бесконечность;
- скрещиваться, то есть не иметь общей точки.

Пересекающиеся прямые. Если прямые пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются между собой и точки пересечения проекций лежат на одной линии связи.

Наглядное изображение двух прямых AB и CD , пересекающихся в точке K , приведено на рис. 3.18, а; их чертеж в системе плоскостей H и V - на рис. 3.18, б.

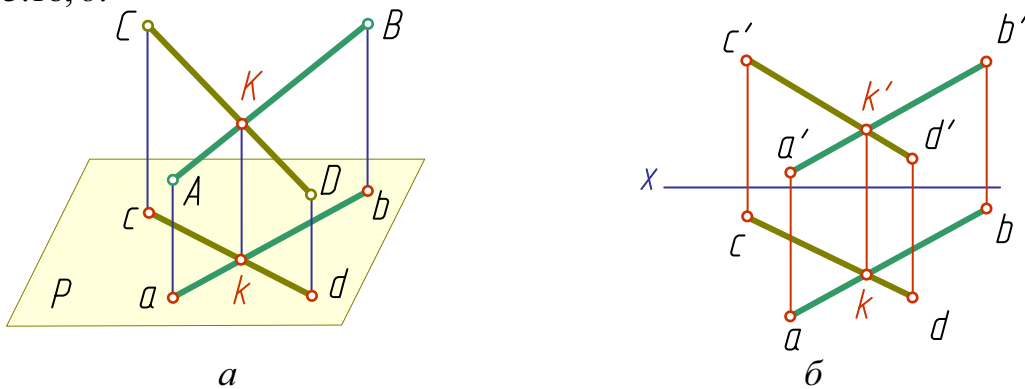


Рис. 3.18

Если одна из прямых профильная, то чтобы ответить на вопрос, пересекаются ли прямые, следует построить их профильные проекции.

На рис. 3.19 все проекции точки K (k, k', k'') одновременно принадлежат проекциям прямой AB и прямой CD . Это значит, что прямые AB и CD пересекаются.

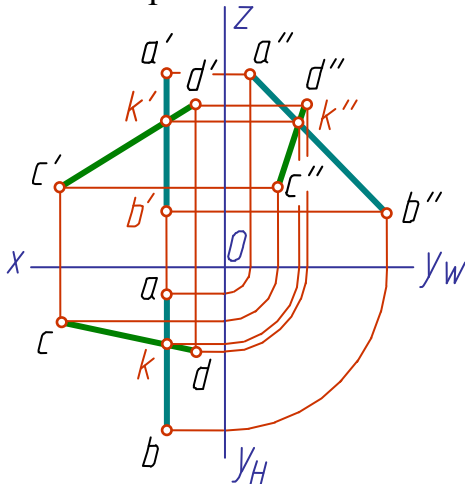


Рис. 3.19

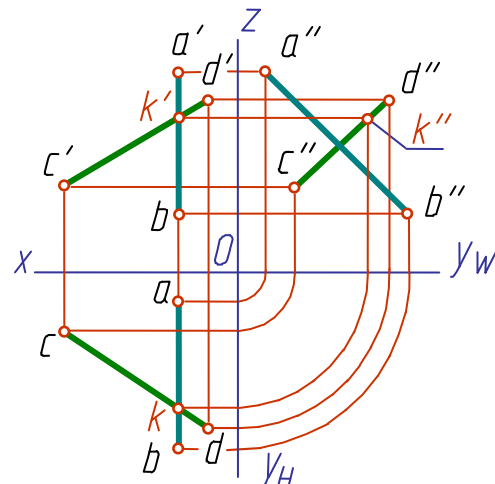


Рис. 3.20

На рис. 3.20 профильная проекция k'' точки K принадлежит профильной проекции $c''d''$ и не принадлежит профильной проекции $a''b''$. Это значит, что прямые AB и CD не пересекаются, они скрещиваются.

Параллельные прямые. Если прямые в пространстве параллельны, то их одноименные проекции параллельны между собой. Действительно, на рис. 3.21 проецирующие плоскости Q и R , проведенные через параллельные прямые AB и CD , параллельны между собой. С плоскостью проекций P они пересекаются по параллельным прямым ab и cd – проекциям прямых AB и CD . Чертеж двух параллельных прямых общего положения приведен на рис. 3.22, чертежи параллельных прямых частного положения – на рис. 3.23:

- горизонтальных прямых (рис. 3.23, а);
- фронтальных прямых (рис. 3.23, б);
- профильных прямых (рис. 3.23, в).

О параллельности прямых в пространстве можно судить по параллельности их одноименных проекций на двух плоскостях проекций. При этом нужно учитывать некоторые условия.

Для прямых общего положения

Если одноименные проекции прямых общего положения параллельны в системе двух любых плоскостей проекций, то прямые параллельны (рис. 3.22).

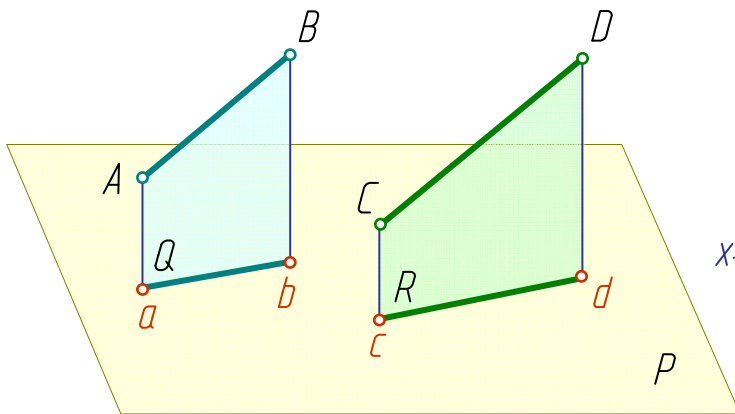


Рис. 3.21

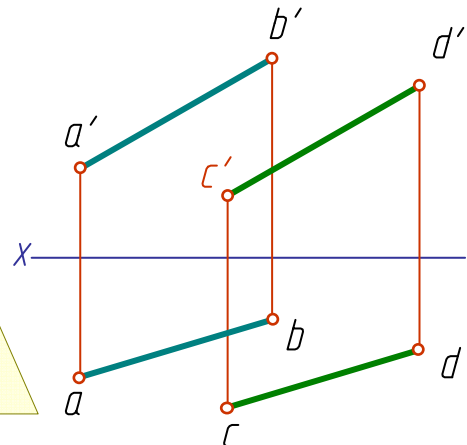


Рис. 3.22

Для прямых частного положения.

Если одноименные проекции прямых параллельны одной из осей проекций, то прямые параллельны при условии параллельности одно-

именных проекций на той плоскости проекций, которой параллельны прямые (рис. 3.23).

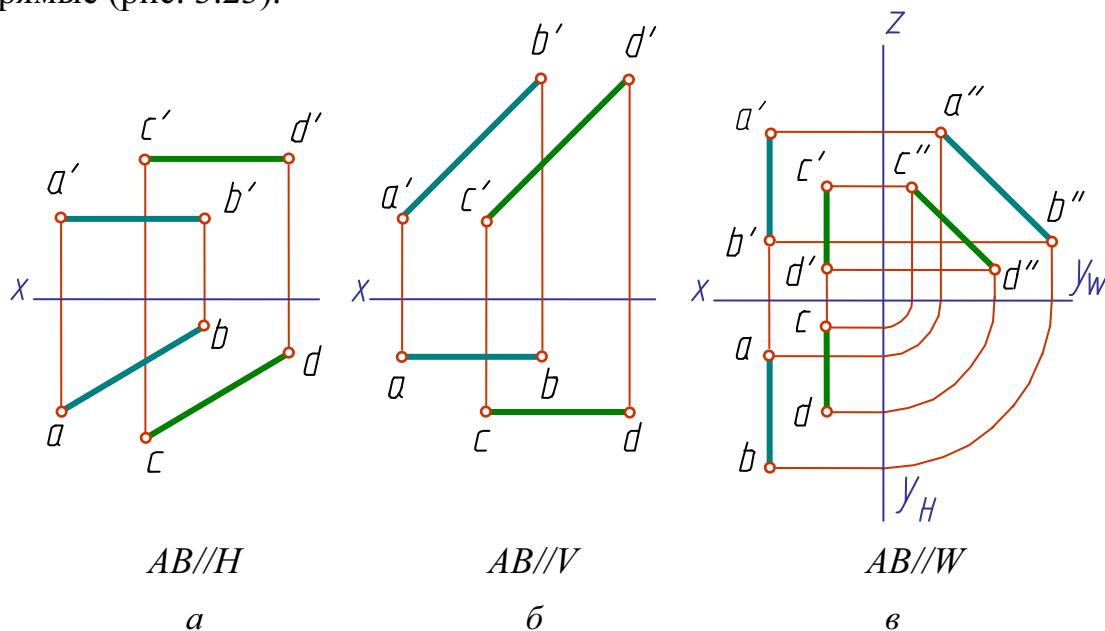


Рис. 3.23

Скрещивающиеся прямые. Если прямые в пространстве не пересекаются, а скрещиваются (рис. 3.24), то хотя на чертеже их одноименные проекции и пересекаются, но точки пересечения проекций не лежат на одной линии связи. Эти точки не являются общими для прямых.

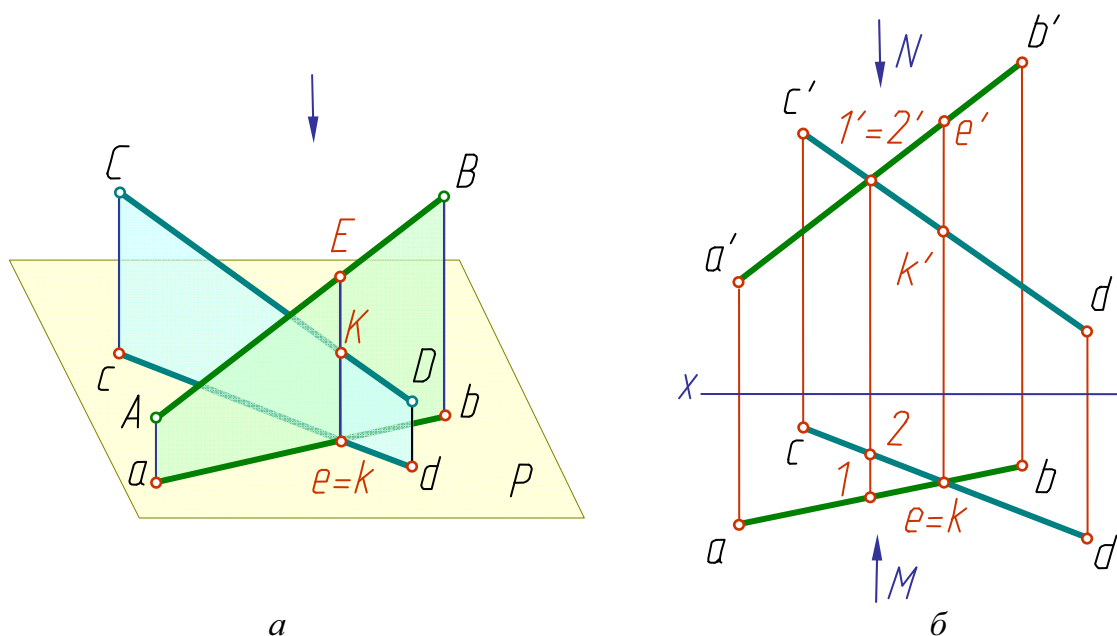


Рис. 3.24

Сравнивая положение таких точек, определяют, какая из изображенных на чертеже прямых выше другой или ближе другой к наблюдателю.

На рис. 3.24, *а* видно, что точка E (принадлежащая прямой AB) расположена выше точки K (принадлежащей прямой CD). При взгляде сверху по указанной стрелке точка E закрывает точку K . Соответственно и на чертеже (рис. 3.24, *б*) фронтальная проекция e' расположена выше фронтальной проекции k' . При взгляде сверху по стрелке N при проецировании на плоскость H точка e закрывает точку k . Прямая AB проходит над прямой CD .

На плоскости V совпадают фронтальные проекции $1'$ и $2'$ точек прямых AB и CD . При взгляде спереди по стрелке M видно, что точка 1 прямой AB находится ближе к наблюдателю, и при проецировании на плоскость V точка 1 прямой AB закрывает точку 2 прямой CD . Прямая AB расположена ближе к наблюдателю.

Рассмотренные точки являются *конкурирующими*, так как они лежат на одной линии связи, но на разных прямых.

3.7. Проецирование плоских углов

Любой линейный угол образуется двумя пересекающимися прямыми. На плоскости проекций он проецируется в общем случае с искажением. Однако, если обе стороны угла параллельны какой-либо плоскости проекций, то на эту плоскость угол проецируется без искажения. Например, стороны угла ABC (рис. 3.25) параллельны горизонтальной плоскости P , поэтому угол α спроецировался на нее без изменений.

Исключение составляет прямой угол. Он проецируется в истинную величину даже тогда, когда лишь одна из его сторон параллельна плоскости проекций. Рассмотрим теорему о проецировании прямого угла.

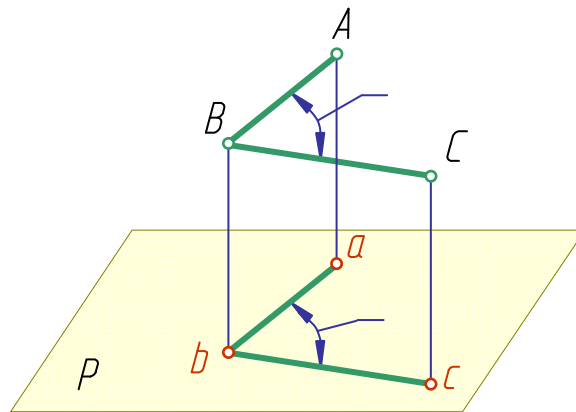


Рис. 3.25

Теорема. Прямой угол проецируется в виде прямого угла, если одна из его сторон параллельна плоскости проекций, а вторая ей не перпендикулярна.

Пусть сторона DE прямого угла DEK параллельна плоскости P , а сторона EK ей не перпендикулярна (рис. 3.26). Требуется доказать, что его проекция – угол ked – равна 90° :

$$(ED \perp EK) \wedge (ED \parallel P) (EK \perp P) \Rightarrow (ed) \perp (ek).$$

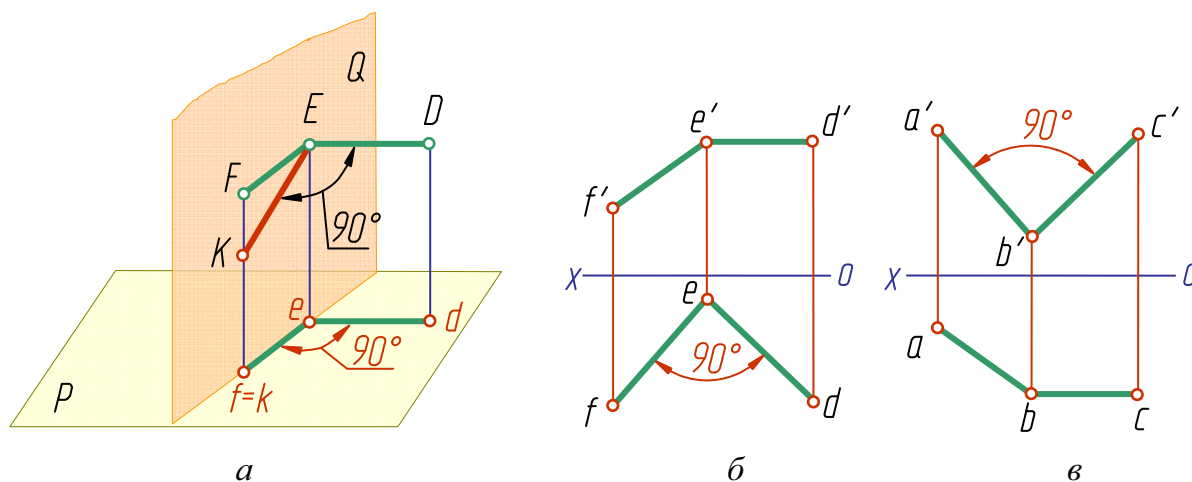


Рис. 3.26

Доказательство. Пусть угол $DEF=90^\circ$ и расположен так, что обе его стороны параллельны плоскости P (рис. 3.26, а). Тогда, как и всякая фигура, лежащая в плоскости, параллельной P , данный угол спроецируется на P без искажения, то есть его проекция $\angle def=90^\circ$.

Через прямые EF и Ee проведем дополнительную плоскость Q . Плоскость Q перпендикулярна плоскости P .

Возьмем на перпендикуляре Ff какую – либо точку K и соединим ее с E . Угол DEK тоже прямой, так как $DE \perp Q$. Проекция угла DEK совпадает с проекцией угла DEF , так как точки F и K лежат на одном перпендикуляре к плоскости P . Таким образом

$$\angle dek = \angle def = 90^\circ.$$

Но, как видно непосредственно из чертежа, *только одна* сторона DE угла DEK параллельна плоскости P .

Вторая сторона его EK наклонна к плоскости P .

Итак, для того чтобы прямой угол проецировался в натуральную величину, достаточно, чтобы одна его сторона была параллельна плоскости проекций (рис. 3.26, б, в).

3.8. Определение истинной величины отрезка прямой

Отрезки прямых общего положения не проецируются в истинную величину ни на одну из плоскостей проекций. Однако в ряде задач необходимо определить по чертежу длину отрезка прямой общего положения и углы наклона прямой к плоскостям проекций.

В этом случае используют способ построения прямоугольного треугольника.

Теорема. Истинная величина отрезка прямой общего положения равна гипотенузе прямоугольного треугольника, одним катетом которого является проекция отрезка на одну из плоскостей проекций, а другим – разность расстояний концов отрезка до этой же плоскости.

Доказательство. Из рис. 3.27 следует, что истинная величина отрезка AB будет являться гипотенузой прямоугольного треугольника $AB1$. В этом треугольнике один катет равен проекции отрезка, а другой – разности расстояний концов отрезка до плоскости проекций.

Определим истинную величину отрезка AB и угол наклона его к плоскости H (угол α), если известны две проекции отрезка (рис. 3.28, а).

Построим прямоугольный треугольник, у которого одним катетом будет горизонтальная проекция отрезка, а вторым – разность расстояний концов отрезка до плоскости H (разность z координат точек A и B). Истинная величина отрезка AB равна гипотенузе ab_0 , а угол наклона его к плоскости H – угол bab_0 (угол α).

На рис. 3.28, б показано определение истинной величины отрезка AB и угла наклона его к плоскости V – угла β .

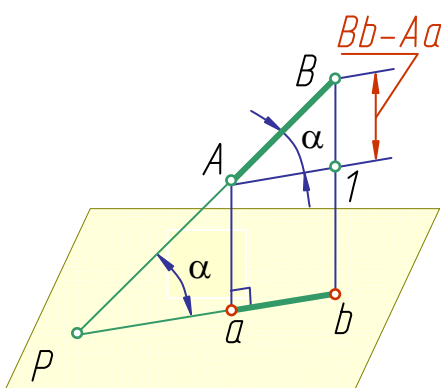


Рис. 3.27

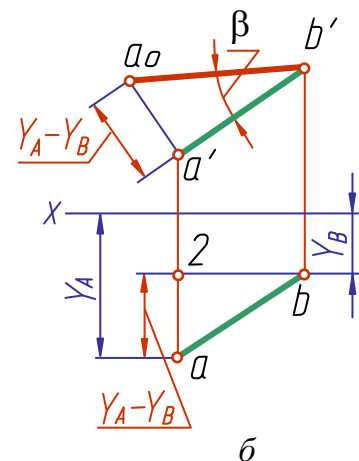
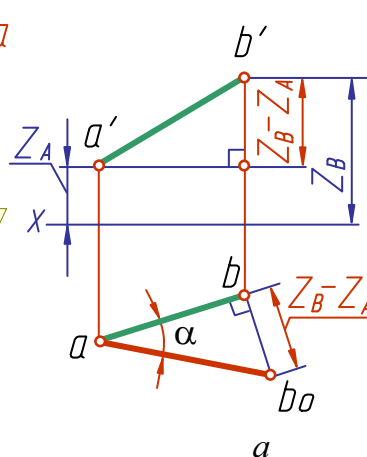


Рис. 3.28

Вопросы для самоконтроля

1. Какая линия называется линией связи?
2. При каком положении относительно плоскостей проекций прямая называется прямой общего положения?
3. Как расположена прямая в системе плоскостей H , V , W , если все три проекции отрезка этой прямой равны между собой?
4. Как построить профильную проекцию отрезка прямой общего положения по данным фронтальной и горизонтальной проекциям?
5. Какие положения прямой линии в системе плоскостей H , V , W считаются частными?
6. Как располагается фронтальная проекция отрезка прямой линии, если его горизонтальная проекция равна самому отрезку?
7. Как располагается горизонтальная проекция отрезка прямой линии, если его фронтальная проекция равна самому отрезку?
8. Что называется следом прямой линии на плоскости проекций?
9. Какая координата равна нулю
 - а) для фронтального следа прямой?
 - б) для горизонтального следа прямой?
10. Где располагается горизонтальная проекция фронтального следа прямой линии?
11. Где располагается фронтальная проекция горизонтального следа прямой линии?
12. Как изображаются в системе плоскостей H, V две пересекающиеся линии?
13. Как могут быть расположены в пространстве точка и прямая относительно друг друга?
14. Как определить, какая из двух фронтально-конкурирующих точек видимая?
15. Как установить, какая из двух горизонтально-конкурирующих точек невидимая?
16. Как нужно понимать точку пересечения проекций двух скрещивающихся прямых?
17. В каком случае прямой угол проецируется в виде прямого угла?
18. Можно ли по чертежу двух профильных прямых в системе плоскостей H, V определить, параллельны ли между собой эти прямые?
19. В каком случае прямой угол проецируется в виде прямого угла?
20. Как построить на чертеже прямоугольные треугольники для определения длины отрезка прямой линии общего положения и углов наклона его к плоскостям проекций H и V ?

Глава 4

ПЛОСКОСТЬ

Плоскостью называется поверхность, образуемая движением прямой линии, которая движется параллельно самой себе по неподвижной направляющей прямой.

4.1. Способы задания плоскости

На чертеже плоскость может быть задана (рис. 4.1) несколькими способами:

- а) проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (рис. 4.1, а);
- б) проекциями прямой и точки, не лежащей на этой прямой (рис. 4.1, б);
- в) проекциями двух пересекающихся прямых (рис. 4.1, в);
- г) проекциями двух параллельных прямых (рис. 4.1, г);
- д) проекциями любой плоской фигуры (рис. 4.1, д);
- е) следами плоскости (рис. 4.1, е).

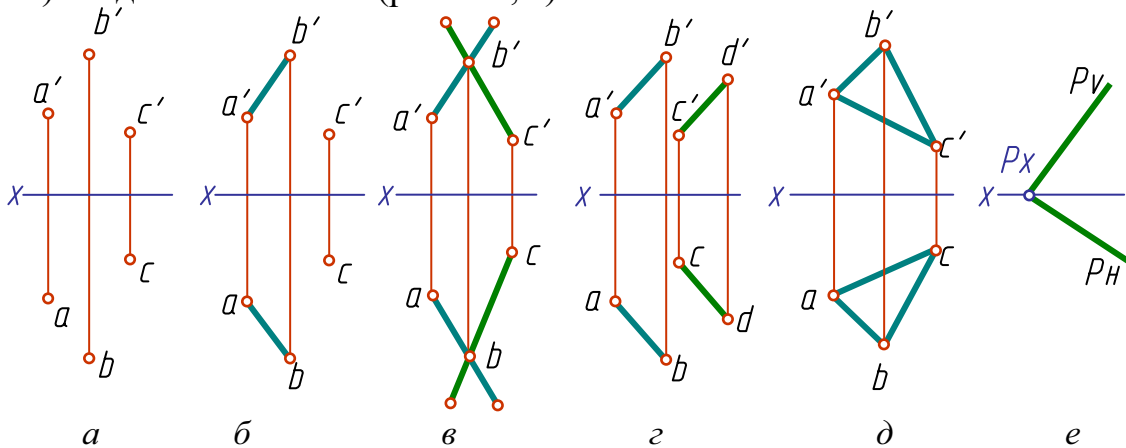


Рис. 4.1

От одного задания плоскости можно перейти к другому. Например, если мы проведем через точки A и B (рис. 4.1, а) прямую, то от задания плоскости тремя точками мы перейдем к заданию плоскости точкой и прямой (рис. 4.1, б) и т.д.

В ряде случаев плоскость более наглядно может быть изображена при помощи прямых, по которым она пересекает плоскости проекций.

Прямые, по которым плоскость пересекает плоскости проекций, называются *следами плоскости* (рис. 4.2):

P_V – фронтальный след плоскости P ;

P_H – горизонтальный след плоскости P ;

P_W – профильный след плоскости P .

Точки пересечения плоскости с осями проекций (P_x, P_y, P_z) называются *точками схода следов*.

Чтобы построить след плоскости, необходимо построить одноименные следы двух прямых, лежащих в плоскости (рис. 4.2).

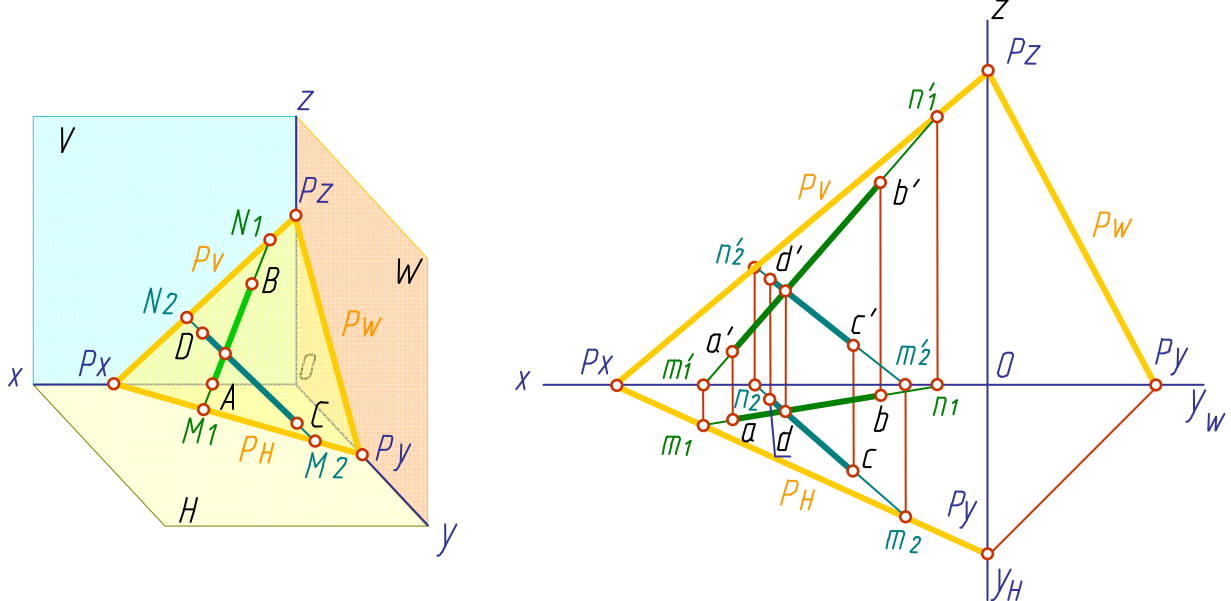


Рис. 4.2

4.2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций

Относительно плоскостей проекций плоскость может занимать следующие положения:

- Плоскость наклонена ко всем плоскостям проекций.
- Плоскость перпендикулярна плоскости проекций.
- Плоскость параллельна плоскости проекций.

Плоскость, не перпендикулярную и не параллельную ни одной из плоскостей проекций, называют *плоскостью общего положения*. Таковыми являются плоскости, изображенные на рис. 4.1, 4.2, а также на рис. 4.3.

Плоскость, которая по мере удаления от наблюдателя *повышается*, называется *восходящей* (рис. 4.4). Плоскость, *понижающаяся* по мере удаления от наблюдателя, называется *нисходящей* (рис. 4.5).

Чтобы на чертеже различить изображения восходящей и нисходящей плоскостей, проанализируем проекции треугольника, которым она задана. Из чертежа, на котором изображена восходящая плоскость (рис. 4.4), видно, что обе проекции треугольника ABC – горизонтальная abc и фронтальная $a'b'c'$ – имеют одинаковые обходы порядка обозначений (по часовой стрелке). Проекция треугольника $A_1B_1C_1$, которыми задана нисходящая плоскость (рис. 4.5), имеют противоположные обходы обозначений: горизонтальная $a_1b_1c_1$ – против движения часовой стрелки, фронтальная $a'_1b'_1c'_1$ – по часовой стрелке.

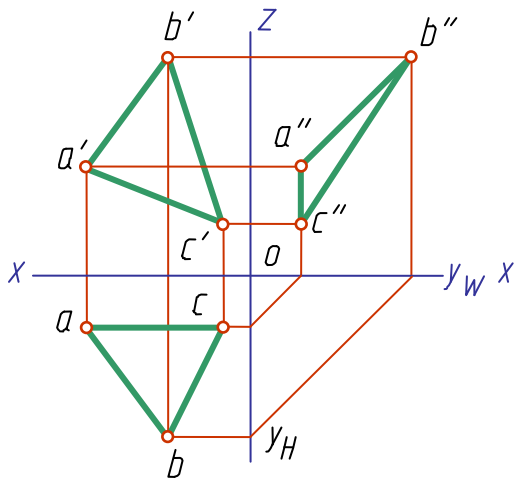


Рис. 4.3

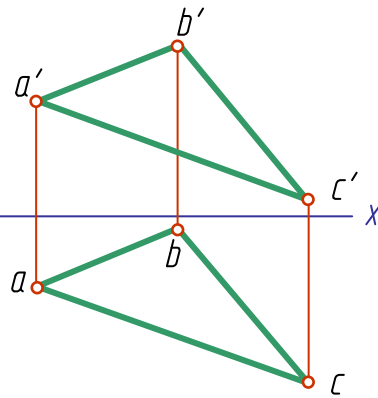


Рис. 4.4

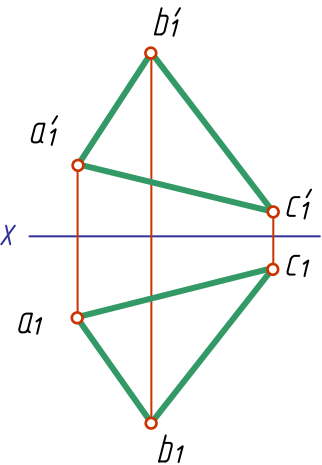


Рис. 4.5

Плоскости частного положения. Плоскости, перпендикулярные или параллельные к плоскостям проекций, называют *плоскостями частного положения*.

Плоскость, перпендикулярную к плоскости проекций, называют проецирующей.

Горизонтально-проецирующая плоскость $P(ABCD) \perp H$

(рис. 4.6)

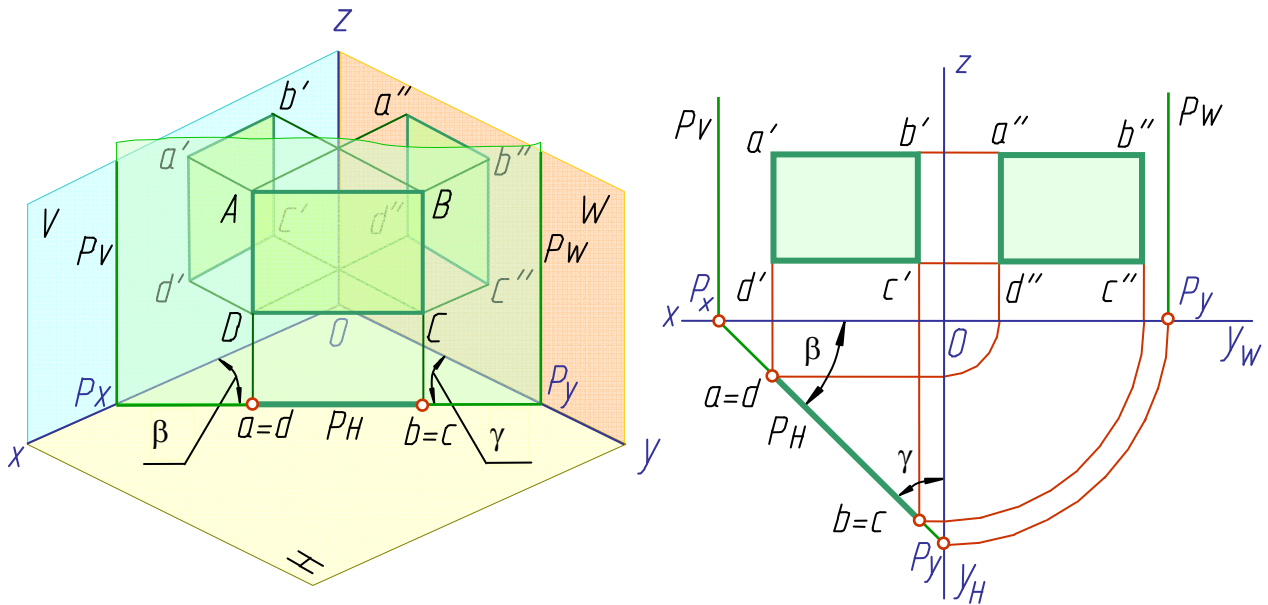


Рис. 4.6

Фронтально-проецирующая плоскость $Q(ABCD) \perp V$
(рис. 4.7)

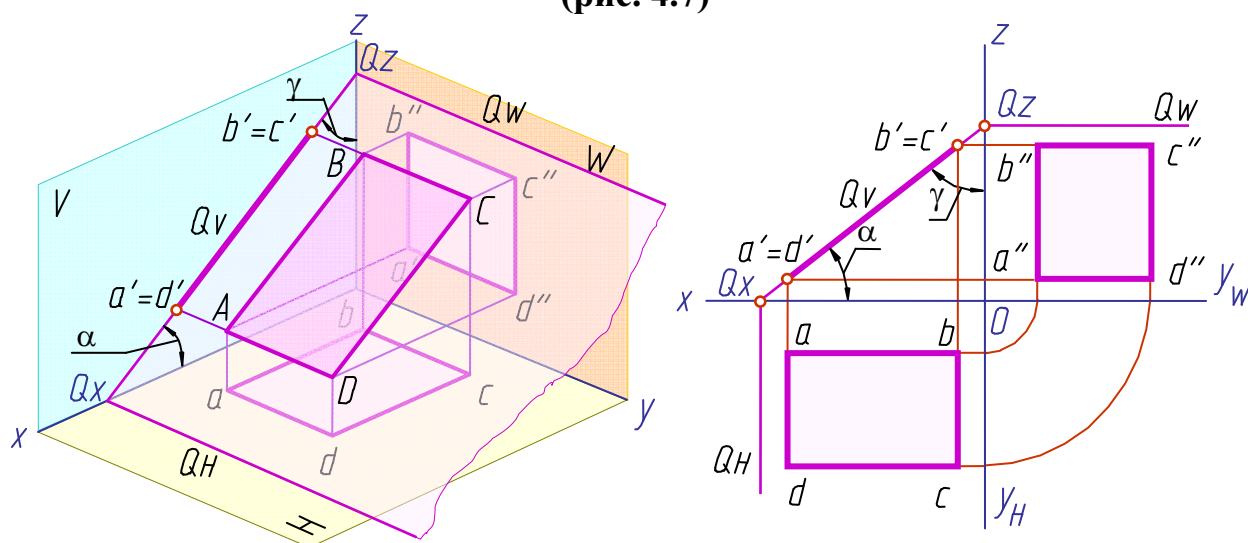


Рис. 4.7

Профильно-проецирующая плоскость $T(ABCD) \perp W$
(рис. 4.8)

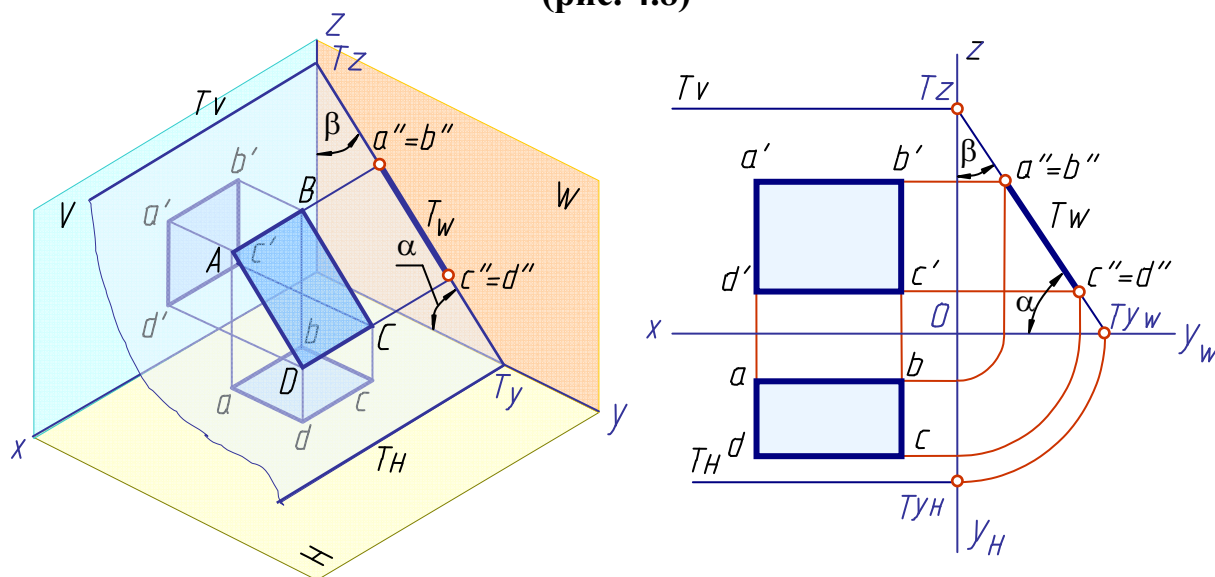


Рис. 4.8

Плоскость проецируется в прямую линию на ту плоскость проекций, которой она перпендикулярна. Эту проекцию можно рассматривать и как след плоскости. На эту же плоскость проекций в натуральную величину проецируются углы наклона данной плоскости к двум другим плоскостям проекций.

Проецирующие плоскости обладают собирательным свойством: если точка, линия или фигура расположены в плоскости, перпендику-

лярной плоскости проекций, то на этой плоскости их проекции совпадают со следом проецирующей плоскости.

Плоскости, параллельные плоскости проекций, называются плоскостями уровня. Плоскости уровня перпендикулярны одновременно двум плоскостям проекций (двойко проецирующие).

Горизонтальная плоскость $P(ABCD) \parallel H$ (рис. 4.9)

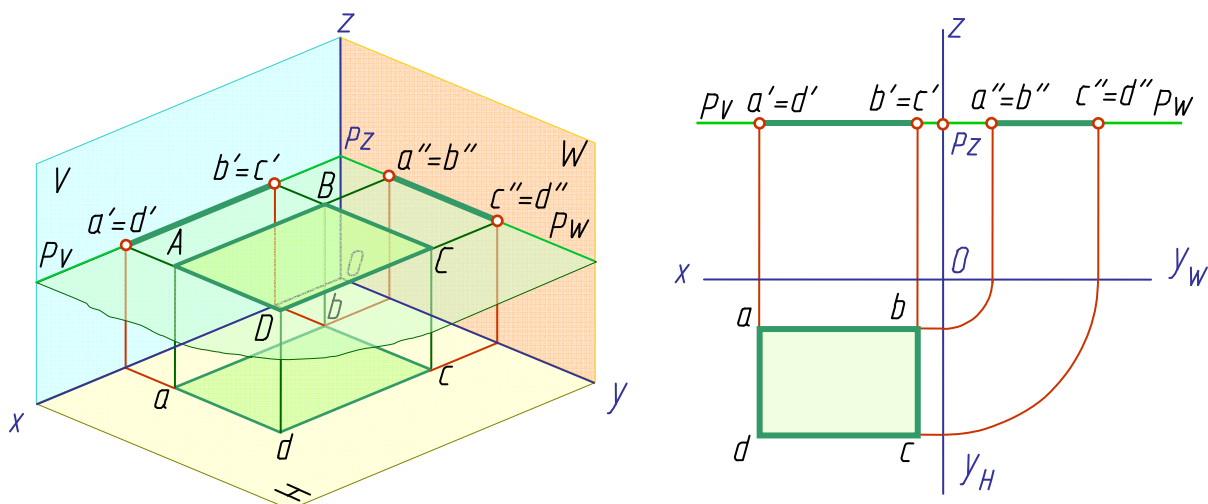


Рис. 4.9

Фронтальная плоскость $Q(ABCD) \parallel V$ (рис. 4.10)

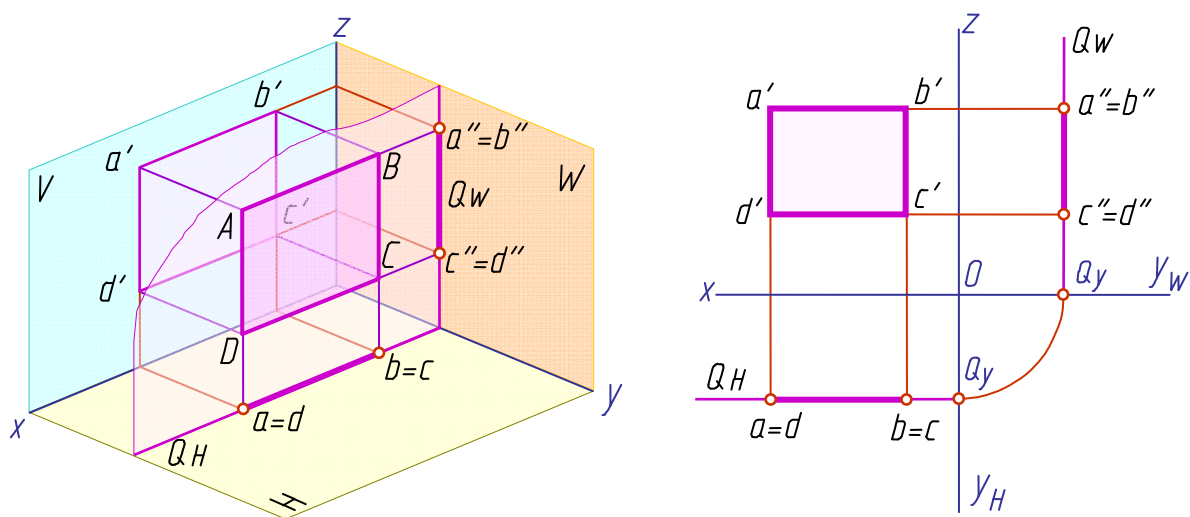


Рис. 4.10

Профильная плоскость $T(ABCD) \parallel W$ (рис.4.11)

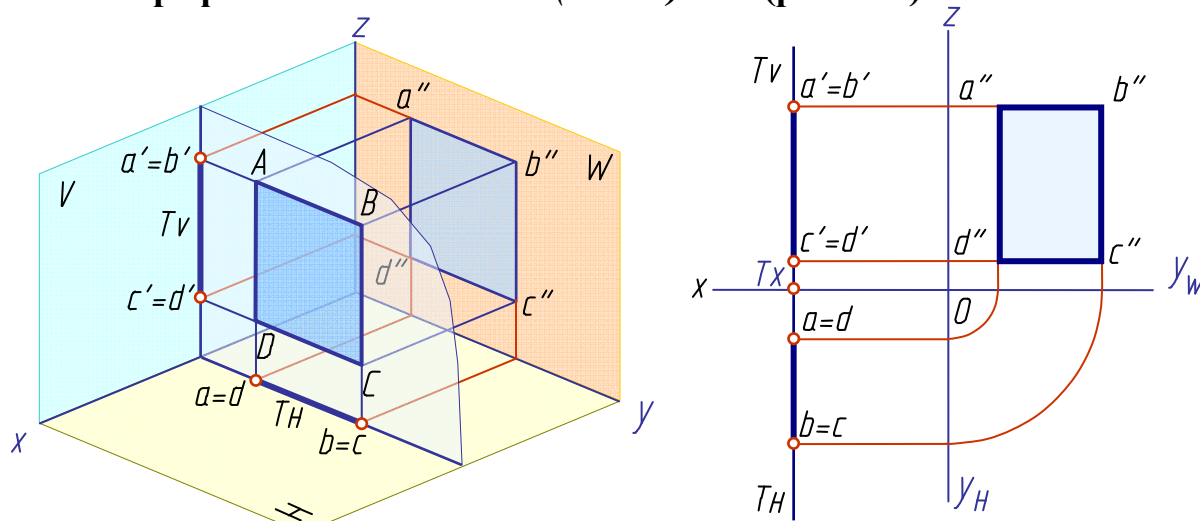


Рис. 4.11

Любая линия или фигура, лежащая в плоскости уровня, проецируется без искажения на ту плоскость проекций, которой данная плоскость параллельна. На две другие плоскости проекций плоскость уровня проецируется в виде отрезков прямых линий (следов), перпендикулярных оси проекций, разделяющей эти плоскости проекций.

4.3. Точка и прямая в плоскости

К числу основных задач, которые решают на плоскости, относят следующие:

- проведение в плоскости прямой;
- построение в плоскости некоторой точки;
- построение недостающей проекции точки, лежащей в плоскости;
- проверка принадлежности точки плоскости.

Решение этих задач основано на известных положениях геометрии: *прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие плоскости, или если она проходит через одну точку этой плоскости параллельно прямой, лежащей в этой плоскости.*

Построение в плоскости прямой линии

Чтобы построить в плоскости прямую линию (рис. 4.12), необходимо отметить две точки, принадлежащие плоскости, например, точки A и K . Затем через них провести прямую AK (ak и $a'k'$).

На рис. 4.13 прямая BK принадлежит плоскости треугольника ABC , так как она проходит через вершину B и параллельна стороне треугольника AC ($b'k' \parallel a'c'$ и $bk \parallel ac$).

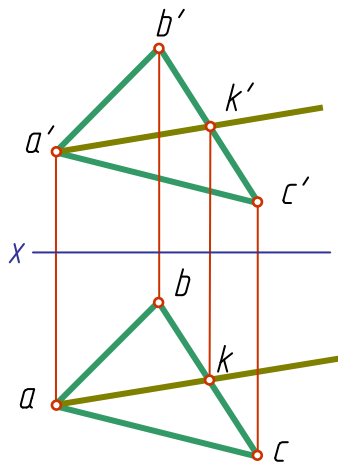


Рис. 4.12

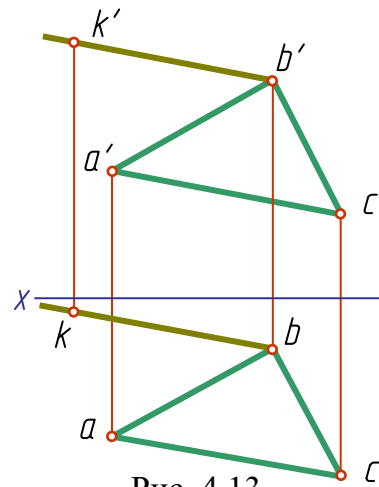


Рис. 4.13

Построение в плоскости некоторой точки

Точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой, лежащей в этой плоскости.

Для построения в плоскости точки в этой плоскости проводят вспомогательную прямую и на ней отмечают точку.

На чертеже плоскости, заданной проекциями точки A (a и a') и прямой BC (bc и $b'c'$) (рис. 4.14), проведены проекции вспомогательной прямой AK (ak и $a'k'$), принадлежащей плоскости. На ней отмечены проекции d и d' точки D , принадлежащей этой плоскости.

Построение недостающей проекции точки

На рис. 4.15 плоскость задана треугольником ABC (abc и $a'b'c'$).

Принадлежащая этой плоскости точка D задана проекцией d' . Требуется найти горизонтальную проекцию точки D . Ее строят с помощью вспомогательной прямой. Прямая принадлежит плоскости и проходит через точку D . Для этого проводим фронтальную проекцию прямой AK , строим ее горизонтальную проекцию ak и на ней отмечаем горизонтальную проекцию d точки.

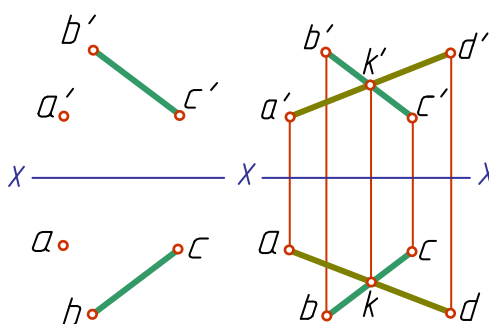


Рис. 4.14

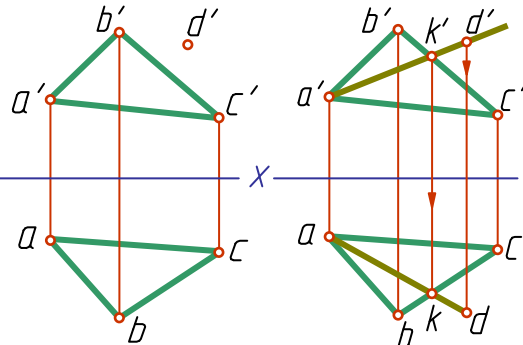


Рис. 4.15

Проверка принадлежности точки плоскости

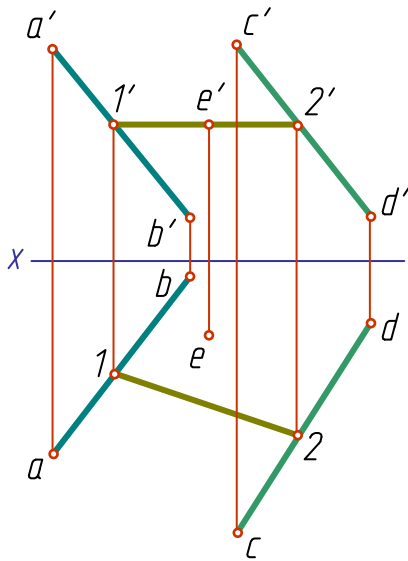


Рис. 4.16

Для проверки принадлежности точки плоскости используют вспомогательную прямую. Прямая принадлежит плоскости. Так, на рис. 4.16 плоскость задана параллельными прямыми AB и CD , точка – проекциями e и e' . Проекции вспомогательной прямой проводят так, чтобы она проходила через одну из проекций точки. Например, фронтальная проекция вспомогательной прямой $1'-2'$ проходит через фронтальную проекцию точки e' . Построив горизонтальную проекцию прямой $1-2$, видим, что горизонтальная проекция e точки ей не принадлежит. Следовательно, точка E не принадлежит плоскости.

4.4. Главные линии плоскости

Прямых, принадлежащих плоскости, очень много. Среди них есть прямые, занимающие особое, частное положение в плоскости. К ним относятся горизонтали, фронтали, профильные прямые и линии наибольшего наклона к плоскостям проекций. Эти линии называются *главными линиями плоскости*.

Горизонталь – прямая, лежащая в плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций (рис. 4.17).

Фронтальная проекция горизонтали $a'k'$ параллельна оси x , профильная – оси y .

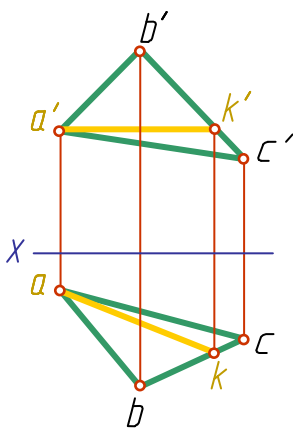


Рис. 4.17

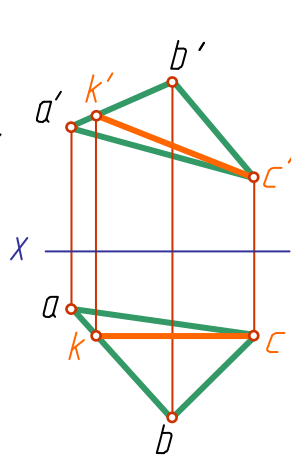


Рис. 4.18

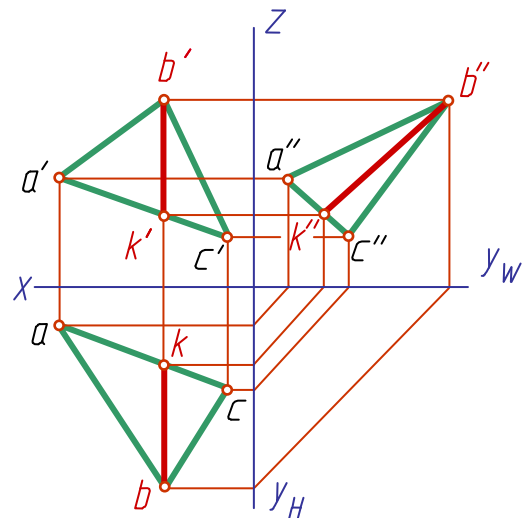


Рис. 4.19

Фронталь – прямая, лежащая в плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций (рис. 4.18). Горизонтальная проекция фронтали sk параллельна оси x , профильная – оси z .

Профильная прямая – прямая, лежащая в плоскости и параллельная профильной плоскости проекций. Горизонтальная проекция профильной прямой bk параллельна оси y , фронтальная – оси z (рис. 4.19).

Рассмотренные линии являются линиями наименьшего наклона к плоскостям проекций.

Из трех линий наибольшего наклона к плоскостям проекций отметим линию наибольшего наклона к горизонтальной плоскости. Эту линию называют *линией ската*.

Линия ската – это прямая, лежащая в плоскости и перпендикулярная ее горизонтальному следу или ее горизонтали (рис. 4.20). Линия наибольшего наклона на чертеже позволяет определить величину двугранного угла между заданной плоскостью и плоскостью проекций. Этот угол будет равен линейному углу, который составляет линия наибольшего наклона со своей проекцией на эту плоскость.

Для определения угла наклона используем метод прямоугольного треугольника (рис. 4.21).

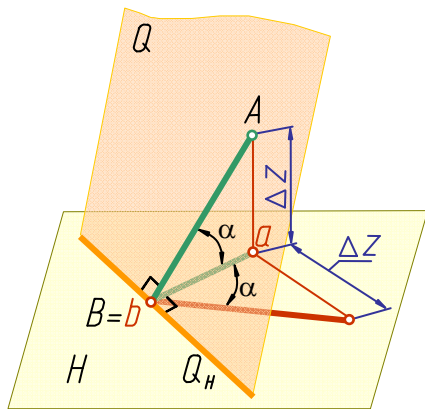


Рис. 4.20

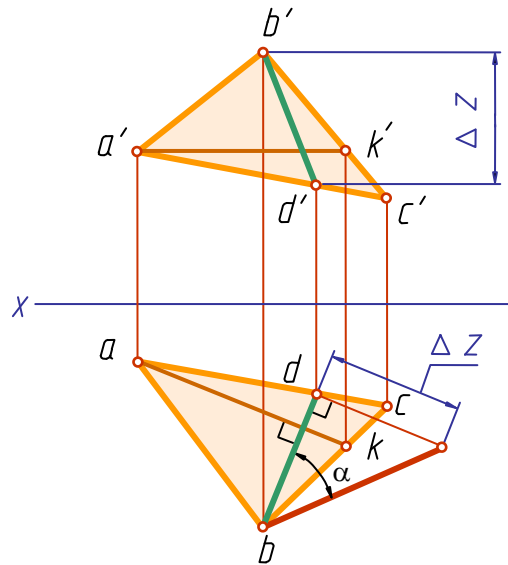


Рис. 4.21

4.5. Взаимное положение прямой и плоскости

Взаимное положение прямой и плоскости определяется количеством общих точек:

а) если прямая имеет две общие точки с плоскостью, то она принадлежит этой плоскости;

б) если прямая имеет одну общую точку с плоскостью, то прямая пересекает плоскость;

в) если точка пересечения прямой с плоскостью удалена в бесконечность, то прямая и плоскость параллельны.

Задачи, в которых определяется взаимное расположение различных геометрических фигур относительно друг друга, называются *позиционными задачами*.

Прямая параллельна плоскости, если она параллельна какой-нибудь прямой, лежащей в этой плоскости. Чтобы построить такую прямую, надо в плоскости задать прямую и параллельно ей провести нужную прямую.

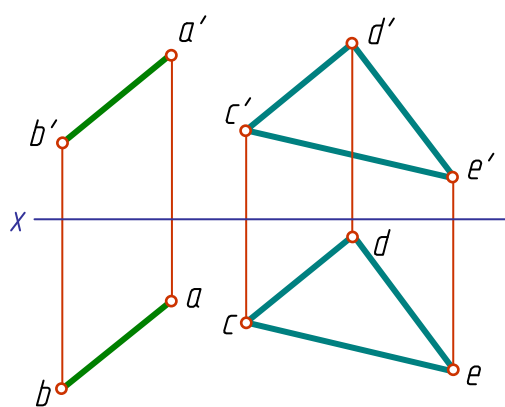


Рис. 4.22

Пусть плоскость P задана треугольником CDE . Через точку A (рис. 4.22) необходимо провести прямую AB , параллельную плоскости P . Для этого через фронтальную проекцию a' точки A проведем фронтальную проекцию $a'b'$ искомой прямой параллельно фронтальной проекции любой прямой, лежащей в плоскости P , например прямой CD ($a'b' \parallel c'd'$). Через горизонтальную проекцию a точки A параллельно cd проводим горизонтальную проекцию ab искомой прямой AB ($ab \parallel cd$). Прямая AB параллельна плоскости P , заданной треугольником CDE .

Прямая будет также параллельна плоскости, если она лежит в плоскости, параллельной данной.

Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Задача на построение точки пересечения прямой с плоскостью широко применяется в начертательной геометрии. Она лежит в основе решения следующих задач:

- на пересечение двух плоскостей;
- на пересечение поверхности с плоскостью;
- на пересечение прямой с поверхностью;
- на взаимное пересечение поверхностей.

Построить точку пересечения прямой с плоскостью — значит найти точку, принадлежащую одновременно заданной прямой и плоскости. Графически такая точка определяется как точка пересечения прямой с линией, лежащей в плоскости.

Плоскость занимает проецирующее положение

Если плоскость занимает проецирующее положение (например, она перпендикулярна фронтальной плоскости проекций, рис. 4.23), то

фронтальная проекция точки пересечения должна одновременно принадлежать фронтальному следу плоскости и фронтальной проекции прямой, то есть быть в точке их пересечения. Поэтому сначала определяется фронтальная проекция k' точки K (точки пересечения прямой AB с фронтально-проецирующей плоскостью Q (ΔCDE)), а затем ее горизонтальная проекция.

Прямая занимает проецирующее положение

На рис. 4.24 изображена плоскость общего положения P (ΔCDE) и фронтально-проецирующая прямая AB , пересекающая плоскость в точке K . Фронтальная проекция точки – точка k' – совпадает с точками a' и b' . Для построения горизонтальной проекции точки пересечения проведем через точку K в плоскости P прямую (например, 1–2). Сначала построим ее фронтальную проекцию, а затем горизонтальную. Точка K является точкой пересечения прямых AB и 1–2, то есть точка K одновременно лежит на прямой AB и в плоскости P и, следовательно, является точкой их пересечения.

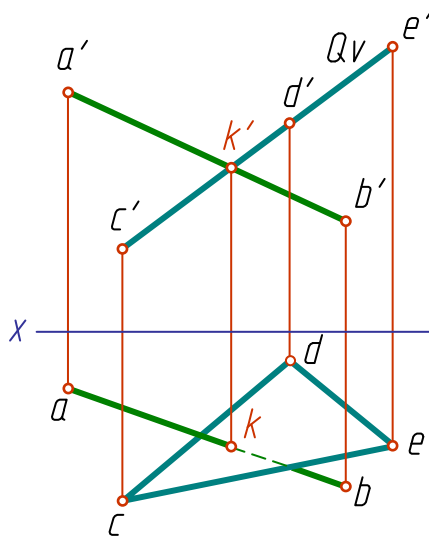


Рис. 4.23

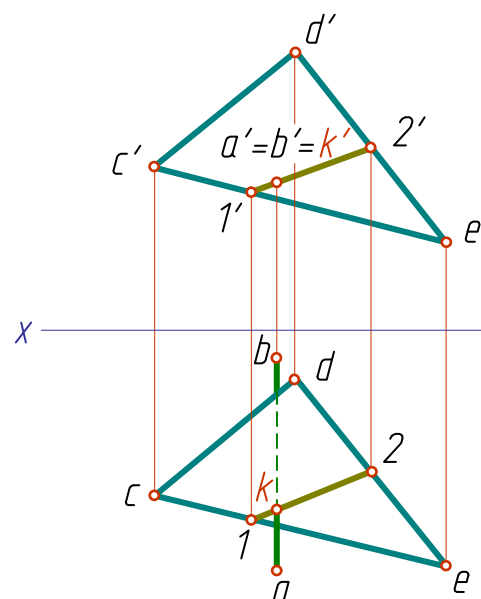


Рис. 4.24

Прямая и плоскость занимают общее положение

В этом случае линия, лежащая в плоскости и пересекающаяся с данной прямой, может быть получена как линия пересечения вспомогательной секущей плоскости P , проведенной через прямую AB , с данной плоскостью Q (линия MN) (рис. 4.25 и 4.26).

Точку пересечения прямой с плоскостью строят по следующему плану.

1. Через прямую AB проводят вспомогательную плоскость P (лучше проецирующую);
2. Строят линию пересечения MN заданной плоскости Q ($\triangle CDE$) и вспомогательной плоскости P ;
3. Так как прямые AB и MN лежат в одной плоскости P , то определяют точку их пересечения (точку K), которая является точкой пересечения прямой AB с плоскостью Q .
4. Определяют взаимную видимость прямой AB и плоскости Q .

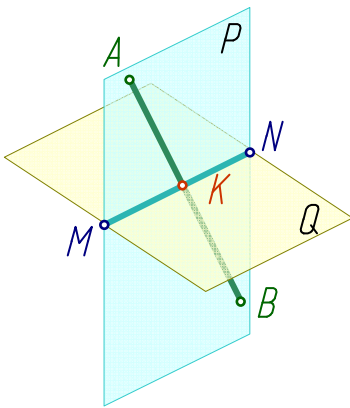


Рис. 4.25

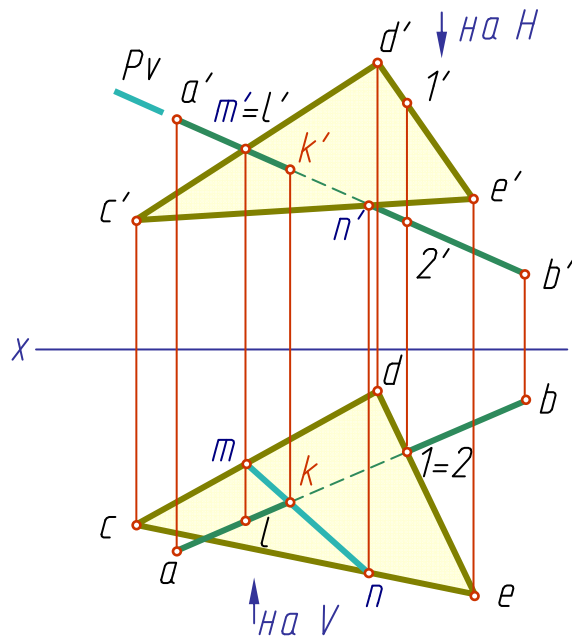


Рис. 4.26

Для определения видимых участков прямой AB анализируем положение точек на скрещивающихся прямых (конкурирующих точек).

Так, точки M и L находятся на скрещивающихся прямых AB и CD : $M \in CD$, $L \in AB$. Их фронтальные проекции m' и l' совпадают. По горизонтальной проекции при взгляде по стрелке на плоскость V видно, что точка L (проекция l) находится перед точкой M (проекция m), то есть она закрывает точку M при проецировании на фронтальную плоскость. Следовательно, прямая AB слева от точки K расположена перед треугольником CDE и на фронтальной проекции она будет видима. Вправо от точки K прямую AB закрывает треугольник CDE до точки N , соответственно отрезок $k'n'$ показан как невидимый.

Невидимый участок на горизонтальной проекции прямой AB выявлен анализом положения точек 1 и 2 ($1 \in DE$, $2 \in AB$), принадлежащих скрещивающимся прямым AB и DE . По фронтальной проекции видно, что если смотреть по стрелке на плоскость H , то сначала видно точку 1 ,

расположенную выше точки 2. На горизонтальной проекции точка 1 закрывает точку 2. В этом месте прямая AB закрыта треугольником CDE до точки их пересечения K (участок проекции $k2$).

4.6. Взаимное положение плоскостей

Общим случаем взаимного положения двух плоскостей является их пересечение. В частном случае, когда линия пересечения удалена в бесконечность, плоскости становятся параллельными. Параллельные плоскости совпадают при сокращении расстояния между ними до нуля.

Параллельные плоскости

Плоскости будут параллельными, если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.

Например, через точку D (рис. 4.27) требуется провести плоскость, параллельную заданной ($\triangle ABC$). Проводим через точку две прямые, параллельные двум любым прямым, находящимся в заданной плоскости, например сторонам треугольника.

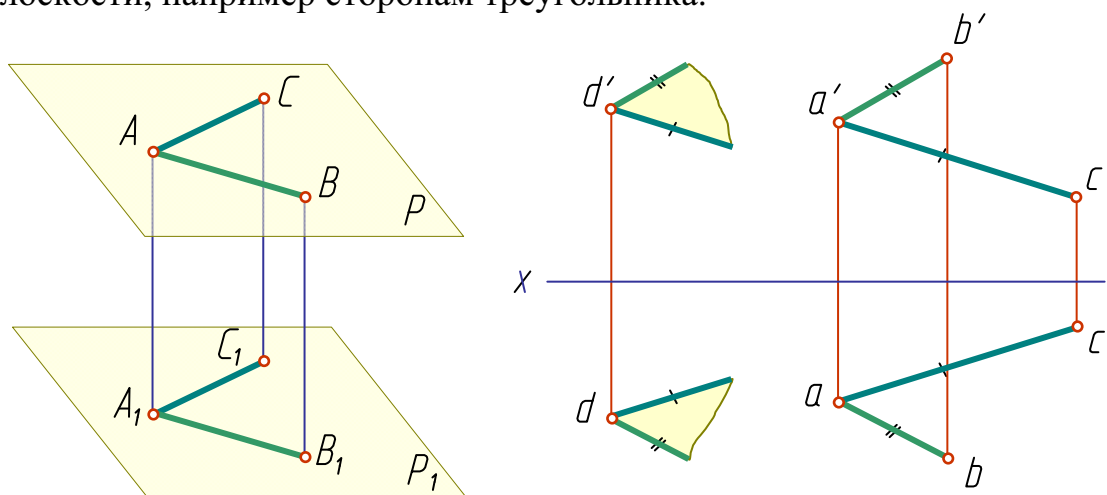


Рис. 4.27

Пересекающиеся плоскости

Линия пересечения двух плоскостей определяется

- двумя точками, каждая из которых принадлежит обеим плоскостям;
- одной точкой, принадлежащей двум плоскостям, и известным направлением линии.

В обоих случаях задача заключается в нахождении точек, общих для двух плоскостей.

Пересечение двух проецирующих плоскостей

Если плоскости занимают частное положение, например, как на рис. 4.28, являются горизонтально-проецирующими, то проекцией линии пересечения на плоскость проекций, которой данные плоскости перпендикулярны (в данном случае горизонтальной), будет точка. Фронтальная проекция линии пересечения перпендикулярна оси проекций.

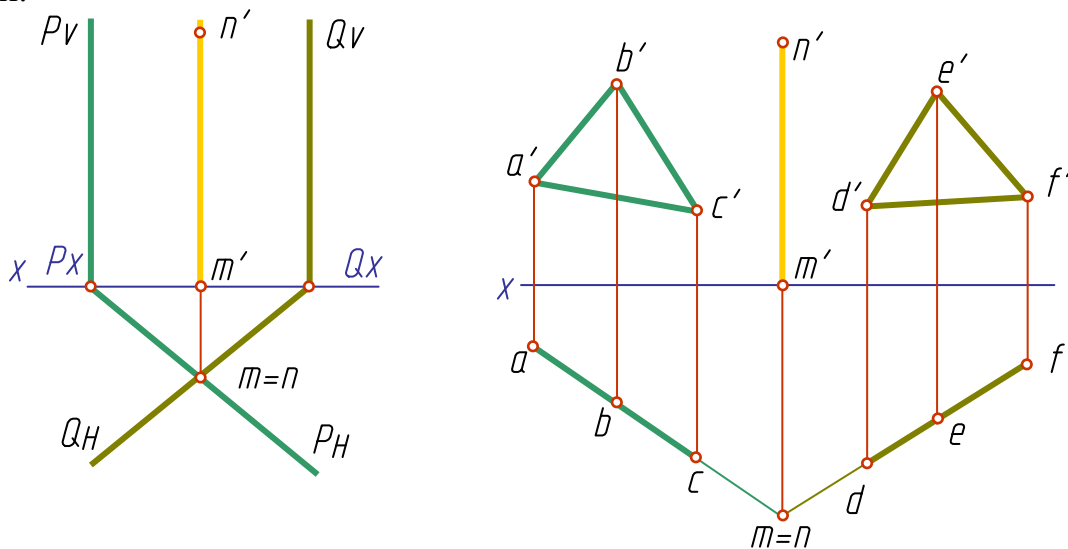


Рис. 4.28

Пересечение проецирующей плоскости и плоскости общего положения

В этом случае одна проекция линии пересечения совпадает с проекцией проецирующей плоскости на той плоскости проекций, которой она перпендикулярна. На рис. 4.29 показано построение проекций линии пересечения фронтально-проецирующей плоскости, заданной следами, а на рис. 4.30 – горизонтально-проецирующей плоскости (треугольник ABC) с плоскостью общего положения (треугольник DEF).

На фронтальной проекции (рис. 4.29) в пересечении следа плоскости P_V и сторон DE и DF треугольника DEF находим фронтальные проекции n' и m' линии пересечения. По линиям связи находим горизонтальные проекции точек M и N линии пересечения.

При взгляде по стрелке на плоскость H по фронтальной проекции видно, что часть треугольника левее линии пересечения MN ($m'n'$) находится над плоскостью P , то есть будет видимой на горизонтальной плоскости проекций. Остальная часть – под плоскостью P , то есть невидима.

Подобным образом находится линия пересечения для плоскостей, изображенных на рис. 4.30.

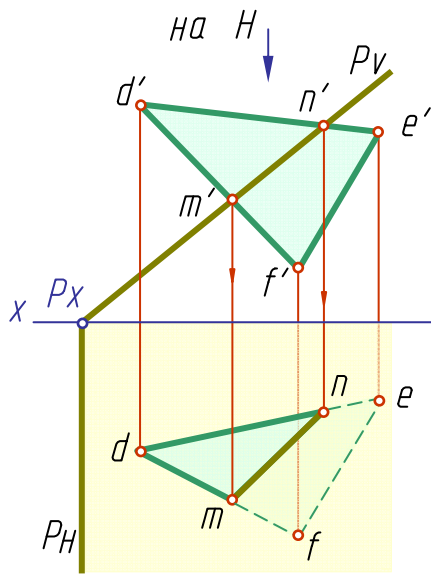


Рис. 4.29

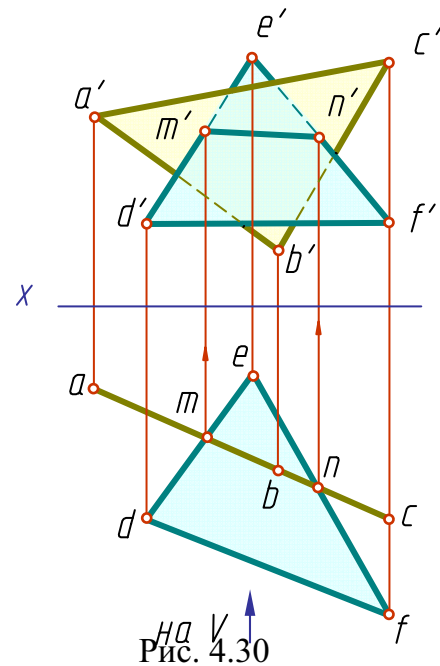


Рис. 4.30

Пересечения плоскостей общего положения

Общий прием построения линии пересечения таких плоскостей заключается в следующем. Вводим вспомогательную плоскость (посредник) и строим линии пересечения вспомогательной плоскости с двумя заданными (рис. 4.31). В пересечении построенных линий находим общую точку двух плоскостей. Чтобы найти вторую общую точку, повторяем построение с помощью еще одной вспомогательной плоскости.

При решении подобных задач удобнее в качестве посредников применять проецирующие плоскости.

На рис. 4.32 дано построение линии пересечения двух треугольников. Решение выполняем в следующей последовательности. Проводим две вспомогательные фронтально-проецирующие плоскости – плоскость P через сторону AC и плоскость Q через сторону BC треугольника ABC . Плоскость P пересекает треугольник DEF по прямой 1-2. В пересечении горизонтальных проекций 1-2 и ac находим горизонтальную проекцию точки $M(m)$ линии пересечения. Плоскость Q пересекает треугольник DEF по прямой 3-4. В пересечении горизонтальных проекций 3-4 и bc находим горизонтальную проекцию точки $N(n)$ линии пересечения. Фронтальные проекции этих точек, а следовательно, и линии пересечения, находим, проводя линии связи.

Анализ взаимной видимости треугольников на плоскостях проекций выполняем с помощью конкурирующих точек.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций сравниваем фронтально-конкурирующие точки 1 и 5. Эти точки лежат на скрещивающихся прямых AC и DE . Их фронтальные проекции совпадают. На горизонтальной проекции видно, что при взгляде по стрелке на плоскость V точка 5 расположена ближе к наблюдателю. Поэтому она закрывает точку 1. Следовательно, участок прямой AC левее точки M будет видимым на фронтальной плоскости проекций.

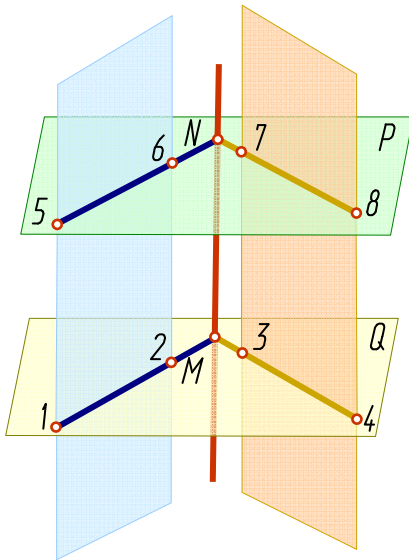


Рис. 4.31

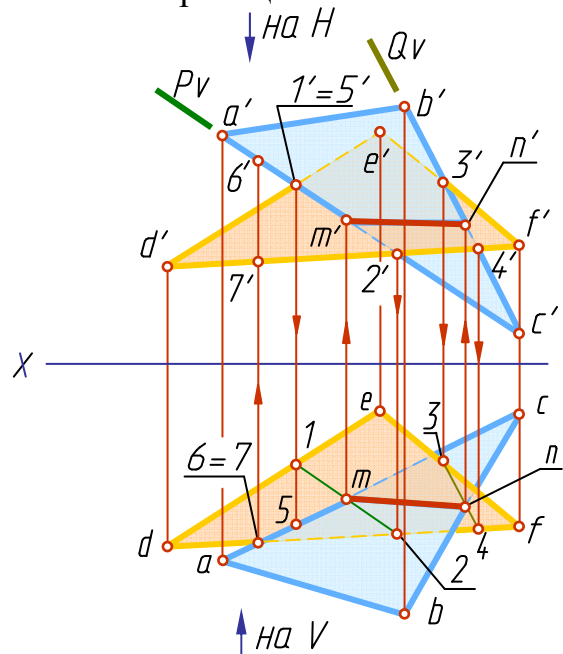


Рис. 4.32

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций сравниваем горизонтально-конкурирующие точки 6 и 7. Они лежат на скрещивающихся прямых AC и DF . Их горизонтальные проекции совпадают. При взгляде по стрелке на плоскость H видно, что точка 6 и прямая AC расположены выше точки 7 и прямой DF . Следовательно, участок AM прямой AC на горизонтальной плоскости проекций будет видимым.

4.7. Способы преобразования чертежа

Для упрощения решения метрических и позиционных задач применяются различные способы преобразования ортогональных проекций. После таких преобразований новые проекции позволяют решать задачу минимальными графическими средствами.

Способ замены плоскостей проекций

Способ замены плоскостей проекций состоит в том, что одна из плоскостей заменяется новой. Эта плоскость выбирается перпендику-

лярно оставшейся плоскости проекций. Геометрическая фигура при этом не меняет своего положения в пространстве. Новую плоскость располагают так, чтобы по отношению к ней геометрическая фигура занимала частное положение, удобное для решения задачи. На новую плоскость проекций фигура проецируется с помощью перпендикулярных лучей.

На рис. 4.33 изображен пространственный чертеж отрезка прямой общего положения AB и его проекции на плоскостях H и V . Заменяв плоскость V новой вертикальной плоскостью V_1 , параллельной отрезку AB , получим новую систему двух взаимно перпендикулярных плоскостей V_1 и H . Относительно этих плоскостей отрезок AB занимает частное положение ($AB \parallel V_1$), x_1 – новая ось проекций. Новая проекция отрезка AB ($a'_1 b'_1$) равна его натуральной величине, а угол α равен натуральной величине угла наклона отрезка AB к плоскости H .

При замене фронтальной плоскости (как видно из рис. 4.33) постоянными остаются z координаты точки, так как расстояние от точек до горизонтальной плоскости проекций H не изменяется. Следовательно, для построения новой проекции отрезка (рис. 4.34) необходимо:

- а) провести новую ось x_1 параллельно горизонтальной проекции отрезка AB на любом расстоянии от нее;
- б) провести линии связи через горизонтальные проекции a и b перпендикулярно оси x_1 ;
- в) от точек пересечения линий связи с осью x_1 отложить z координаты точек A и B ;
- г) полученные точки a'_1 и b'_1 соединить прямой линией.

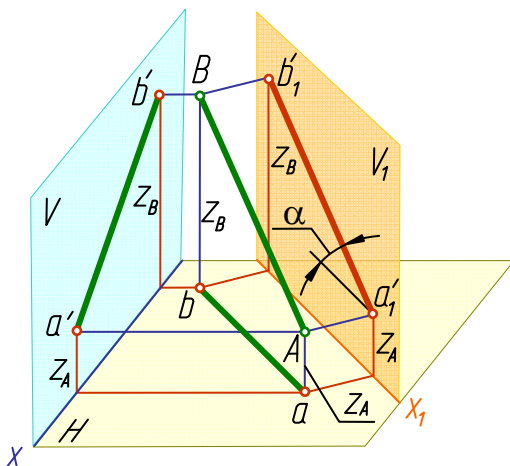


Рис. 4.33

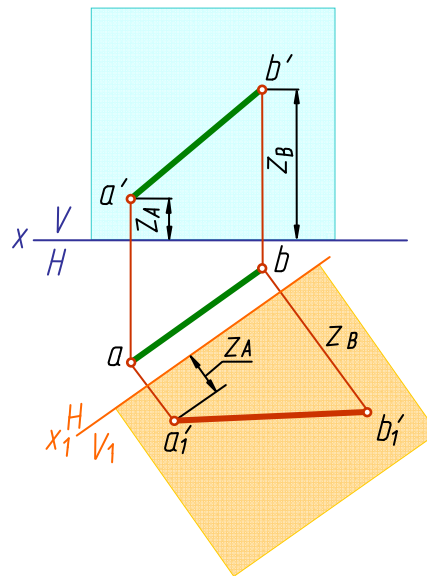


Рис. 4.34

При замене горизонтальной плоскости проекции H на новую плоскость координаты y точек остаются неизменными, так как расстояние от точки до фронтальной плоскости проекций не изменится. Эти координаты используются при проецировании точки на новую плоскость H_1 , расположенную перпендикулярно плоскости проекций V .

Если для решения задачи необходима замена двух плоскостей проекций, то есть от исходной системы плоскостей проекций $x \frac{V}{H}$ необходимо перейти к новой $x_2 \frac{V_1}{H_1}$, то это можно сделать по одной из следующих схем:

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V_1}{H} \rightarrow x_2 \frac{V_1}{H_1} \quad \text{или} \quad x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V}{H_1} \rightarrow x_2 \frac{V_1}{H_1}.$$

Четыре основные задачи, решаемые способом замены плоскостей проекций

1. *Прямую общего положения преобразовать в прямую, параллельную одной из плоскостей проекций. Такое преобразование позволяет определить натуральную величину отрезка прямой и углы наклона его к плоскостям проекций (рис. 4.35 и 4.36).*

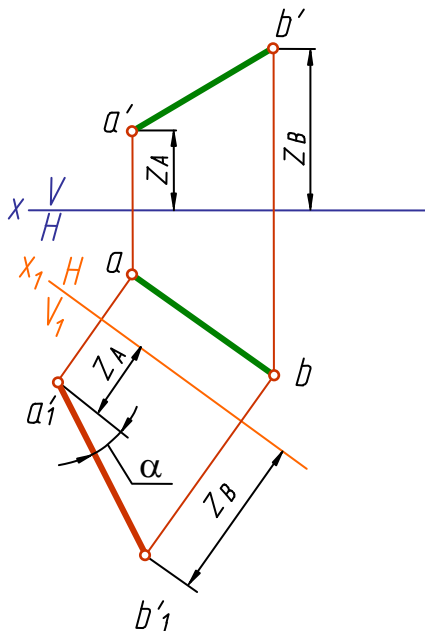


Рис. 4.35

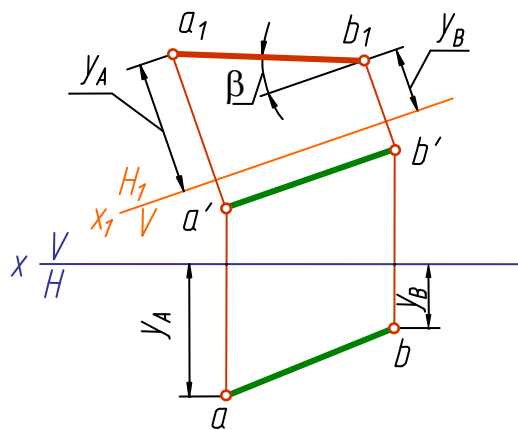


Рис. 4.36

При решении задачи новую плоскость, например, V_1 (рис. 4.35), ставим в положение, параллельное отрезку. В этом случае новая ось

проекций будет проходить параллельно горизонтальной проекции прямой:

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 // AB; \quad x_1 // ab.$$

Через горизонтальные проекции a и b , перпендикулярно новой оси x_1 , проводим линии связи и на них откладываем z координаты точек (то есть расстояние от оси x до фронтальной проекции точек). Новая проекция $a'_1 b'_1$ будет равна натуральной величине отрезка, а угол α равен углу наклона отрезка к плоскости H .

При замене горизонтальной плоскости проекций на новую располагаем эту плоскость параллельно отрезку AB . Так мы определим натуральную величину отрезка и угол наклона его к плоскости V – угол β (рис. 4.36).

В этом случае ось проекций новой плоскости проводим параллельно фронтальной проекции прямой $a'b'$, а координаты y берем с горизонтальной плоскости проекций:

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V}{H_1}; \quad H_1 \perp V; \quad H_1 // AB; \quad x_1 // a'b'.$$

2. Прямую, параллельную одной из плоскостей проекций, преобразовать в проецирующую прямую, то есть поставить в положение, перпендикулярное плоскости проекций, чтобы прямая на эту плоскость спроецировалась в точку (рис. 4.37).

Так как данная прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций, то для преобразования ее в проецирующую прямую, необходимо заменить фронтальную плоскость V на новую V_1 . Располагаем плоскость V_1 перпендикулярно AB . Тогда на плоскость V_1 прямая спроецируется в точку ($a'_1 = b'_1$).

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 \perp AB; \quad x_1 \perp ab.$$

Чтобы прямую общего положения AB (рис. 4.38) преобразовать в проецирующую, проводят две замены, то есть обе задачи, первую и вторую, решают последовательно. Сначала прямую общего положения преобразуют в прямую, параллельную плоскости проекций (прямую уровня), а затем эту прямую преобразуют в проецирующую.

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 // AB; \quad x_1 // ab;$$

$$x_1 \frac{V_1}{H} \rightarrow x_2 \frac{V_1}{H_1}; \quad H_1 \perp V_1; \quad H_1 \perp AB; \quad x_2 \perp a'_1 b'_1$$

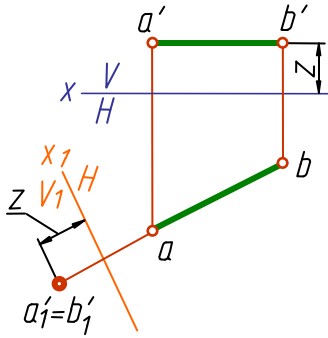


Рис. 4.37

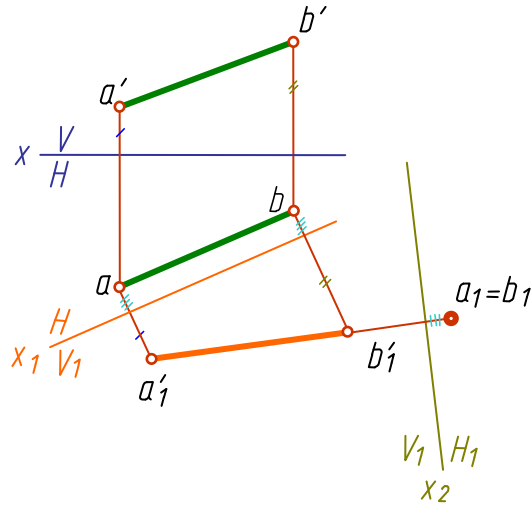


Рис. 4.38

3. Плоскость P (ΔABC) общего положения преобразовать в проецирующую (рис. 4.39), то есть в расположенную перпендикулярно к одной из плоскостей проекций.

Заменим, например, плоскость V на новую плоскость V_1 . Расположим V_1 перпендикулярно плоскости H и плоскости P . Плоскость V_1 будет перпендикулярна плоскости P , если мы ее расположим перпендикулярно какой-нибудь линии плоскости. Для упрощения решения задачи в качестве этой линии возьмем горизонталь (линию, параллельную горизонтальной плоскости проекций). Строим в плоскости P горизонталь $C1$ и перпендикулярно ей проводим новую плоскость V_1 . Ось x_1 проводим в любом месте перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали ($x_1 \perp c1$). Строим новую фронтальную проекцию плоскости P . Горизонталь на новую плоскость спроецируется в точку ($c'_1 = 1'_1$), а плоскость P (ΔABC) – в линию $a'_1 c'_1 b'_1$;

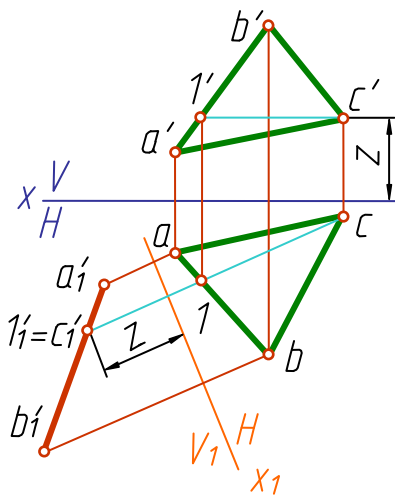


Рис. 4.39

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 \perp P(\Delta ABC); \quad V_1 \perp C1 \text{ (} C1 \text{ – горизонталь)}; \quad x_1 \perp (c1).$$

Для преобразования плоскости P в горизонтально-проецирующую плоскость, необходимо заменить плоскость H на новую, расположив ее

перпендикулярно плоскости V и фронту плоскости P (которую предварительно проводим в этой плоскости).

4. Преобразовать плоскость P ($\triangle ABC$) из плоскости проецирующей в плоскость уровня (плоскость, параллельную одной из плоскостей проекций). При таком преобразовании мы определяем натуральную величину плоской фигуры (рис. 4.40 и 4.41).

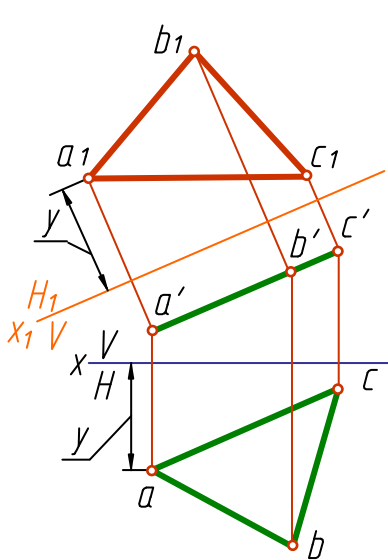


Рис. 4.40

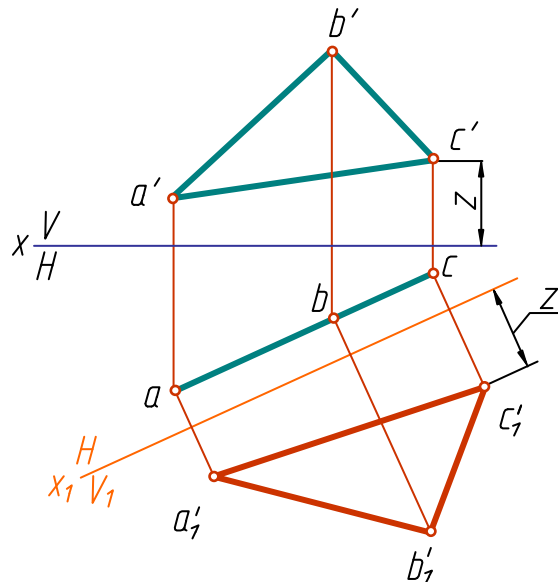


Рис. 4.41

На рис. 4.40 изображена фронтально-проецирующая плоскость. Заменяем горизонтальную плоскость H на новую H_1 . Расположим ее перпендикулярно плоскости V и параллельно плоскости P . Новую ось проекций x_1 проводим параллельно фронтальной проекции $a'b'c'$ и новые линии связи перпендикулярно x_1 . Так как заменена горизонтальная плоскость проекций, то координаты y остаются неизменными. Перенесем их на новую плоскость. В результате получаем новую горизонтальную проекцию треугольника, равную натуральной величине треугольника ABC .

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V}{H_1}; \quad H_1 \perp V; \quad H_1 // P(\triangle ABC); \quad x_1 // a'b'c'.$$

Задача решается аналогично, если плоскость $P(\triangle ABC)$ горизонтально-проецирующая (рис. 4.41). В этом случае заменяется фронтальная плоскость V на новую V_1 . Она проводится перпендикулярно плоскости H и параллельно плоскости P . Ось x_1 строится параллельно линии abc . При такой замене координаты z не изменяются. Измеряем их на фронтальной плоскости проекций и откладываем на линиях связи от новой оси x_1 .

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 // P(\Delta ABC); \quad x_1 // abc.$$

Для того чтобы преобразовать плоскость общего положения в плоскость, которая будет параллельна одной из плоскостей проекций, необходимо провести две замены, то есть решить совместно третью и четвертую задачи (рис. 4.42).

$$x \frac{V}{H} \rightarrow x_1 \frac{V_1}{H}; \quad V_1 \perp H; \quad V_1 \perp P(\Delta ABC); \quad V_1 \perp C1 \quad (C1 - \text{горизонталь}); \\ x_1 \perp (c1);$$

$$x_1 \frac{V_1}{H} \rightarrow x_2 \frac{V_1}{H_1}; \quad H_1 \perp V_1; \quad H_1 // P(\Delta ABC); \quad x_2 // a'_1 c'_1 b'_1.$$

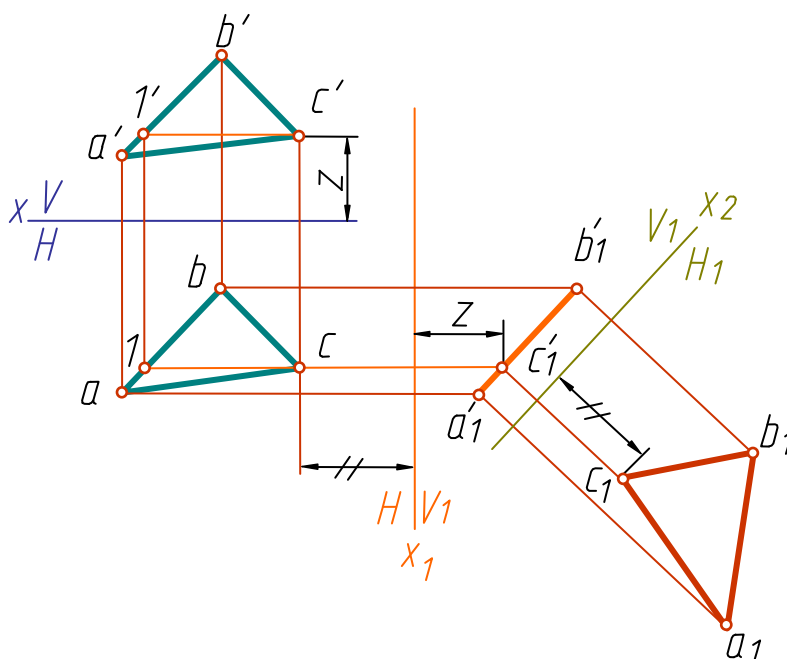


Рис. 4.42

Пример. Определение расстояния между двумя скрещивающимися прямыми.

Кратчайшим расстоянием между двумя скрещивающимися прямыми является длина перпендикуляра, проведенного к той и другой прямой. Решение задачи зависит от расположения прямых относительно плоскостей проекций. Рассмотрим пример, когда одна прямая перпендикулярна плоскости проекций (например, AS – горизонтально-проецирующая прямая); вторая (например, BC) – прямая общего положения, рис. 4.43.

Прямая AS перпендикулярна плоскости H , поэтому перпендикуляр к ней будет параллелен плоскости H и на эту плоскость спроецируется в натуральную величину. Для построения горизонтальной проекции перпендикуляра – mn , необходимо из точки $a=s$ опустить перпендикуляр на bc . Отметив горизонтальную проекцию точки M – точку m , находим ее фронтальную проекцию – m' . Так как прямая $(MN) \parallel H$, то ее фронтальная проекция $m'n'$ будет параллельна оси x . Проводим $(m'n') \parallel x$.

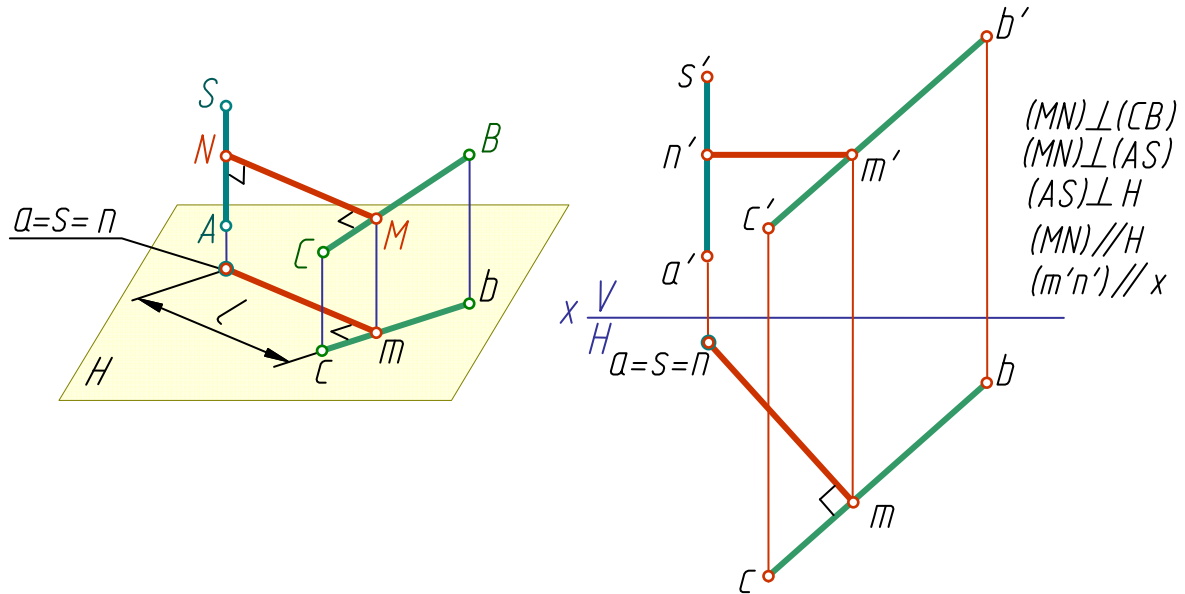


Рис. 4.43

Чтобы определить расстояние между прямыми, занимающими общее положение, необходимо произвести последовательную замену плоскостей таким образом, чтобы в новой системе плоскостей проекций одна из прямых занимала проецирующее положение.

Способ вращения

Способ вращения заключается в том, что положение геометрических элементов приводится в удобное для решения задачи относительно плоскостей проекций вращением вокруг оси, которая проводится перпендикулярно какой-нибудь плоскости проекций; положение плоскостей проекций при этом остается неизменным. На эюре строят новые проекции повернутых геометрических элементов.

На рис. 4.44 показано вращение точки B вокруг оси I , перпендикулярной плоскости H . Точку B вращаем вокруг оси I (рис. 4.44, а) по окружности, радиус O_1B которой является перпендикуляром, опущенным из точки B на ось вращения I . Точка O_1 – центр вращения точки B . Точка B опишет при вращении дугу окружности, которая располагается в плоскости T , перпендикулярной оси вращения. А так как ось I перпен-

дикулярна плоскости H , плоскость T будет горизонтальной плоскостью. Ось вращения – проецирующая прямая, перпендикулярная плоскости H . Траектория поворота точки B проецируется на плоскость H окружностью, а на плоскость V – отрезком прямой линии. Переместив горизонтальную проекцию точки B в новое положение b_1 , то есть повернув ее на заданный угол α , строим фронтальную проекцию точки B (b_1') с помощью линии проекционной связи. Так как вращение происходит в плоскости T , перпендикулярной плоскости V , фронтальная проекция b_1' точки B будет находиться на следе T_V плоскости T . плоскость вращения на эюре обычно не проводят.

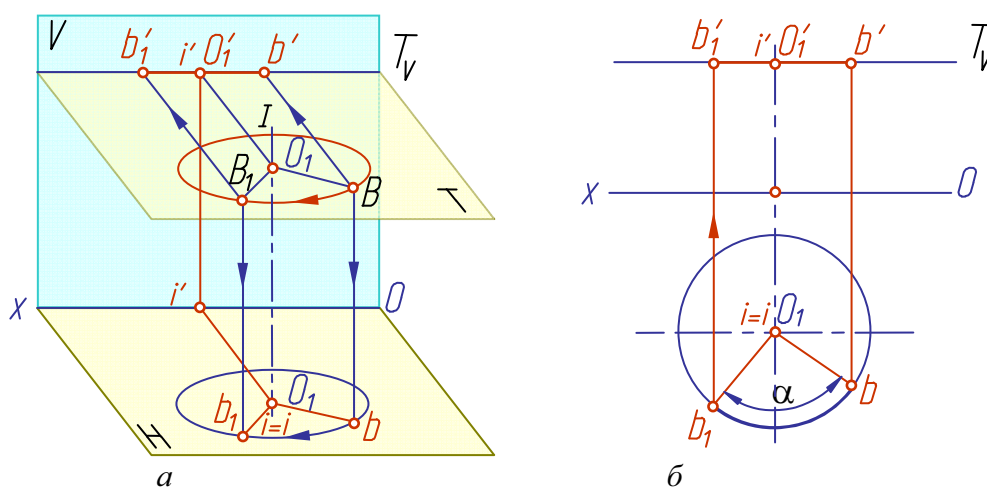


Рис. 4.44

Траектория вращения точки проецируется в дугу окружности на плоскость проекций, которой перпендикулярна ось вращения. На плоскость, которой ось вращения параллельна, траектория вращения точки проецируется в отрезок, параллельный оси проекций.

При определении натуральной величины отрезка для упрощения построений ось вращения проводят через конец отрезка. На рис. 4.45, a ось вращения I проведена через точку A перпендикулярно плоскости H . при вращении точка B отрезка AB описала дугу окружности с центром в точке, которая проецируется на плоскость H в точку a , в ту же точку проецируется ось I (i). Траектория точки B на плоскость H спроецировалась без искажения, а ее фронтальная проекция совпала с осью Ox , так как точка B лежит в плоскости H . движение точки B остановлено в тот момент, когда горизонтальная проекция ab отрезка AB стала параллельной оси Ox . Отрезок расположился параллельно плоскости V и проецируется на нее в натуральную величину.

На рис. 4.45, b ось вращения проведена перпендикулярно плоскости V через точку C . Ее фронтальная проекция совпала с фронтальной проекцией оси вращения I (i') точки D . Фронтальная проекция $c'd'$ от-

резка CD повернута до положения, параллельного оси Ox . Отрезок стал параллельным плоскости H и спроецировался на нее в натуральную величину. Траектория точки D при вращении проецируется на плоскость H отрезком dd_1 , параллельным оси Ox .

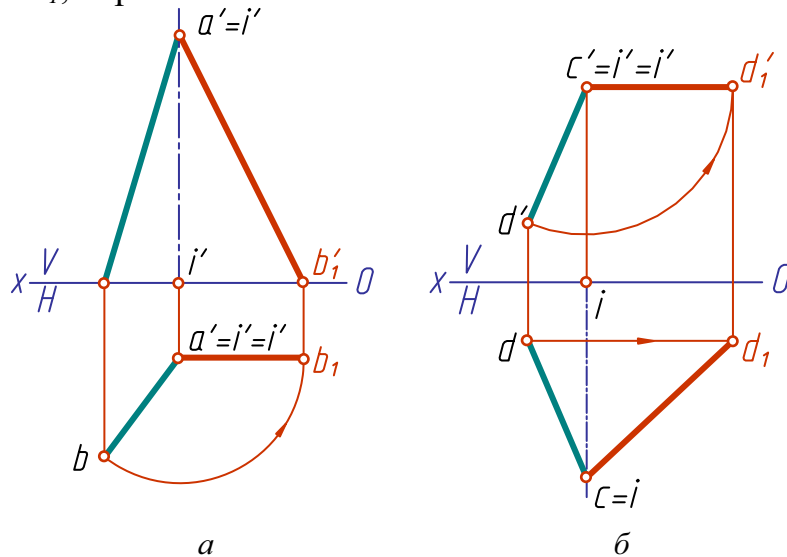


Рис. 4.45

На рис. 4.46 показан поворот треугольника ABC (плоскость треугольника ABC перпендикулярна плоскости V) в положение, параллельное плоскости H . для этого через одну из вершин треугольника (A) проводим ось вращения перпендикулярно плоскости V . Отрезок $a'b'$ – проекцию треугольника ABC на плоскость V – поворачиваем в положение, параллельное оси Ox . Траектория поворота вершин треугольника спроецировалась на плоскость V в дуги окружностей, а на плоскость H – в отрезки прямых, параллельных оси Ox . Проведя линии проекционной связи из точек c'_1 и b'_1 до пересечения с этими отрезками, получаем проекцию ab_1c_1 треугольника после поворота. Точка A своего положения не изменила, так как она находится на оси вращения. На плоскость H треугольник спроецировался в натуральную величину, так как его плоскость параллельна плоскости H .

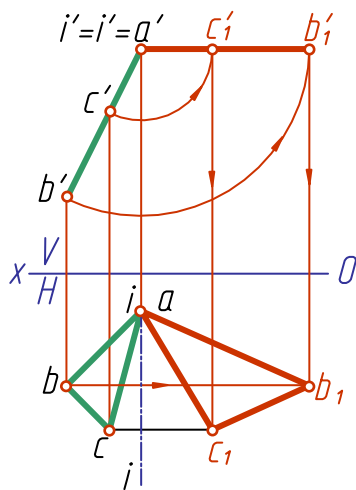


Рис. 4.46

Способ плоскопараллельного перемещения

Способ вращения без указания осей или *способ плоскопараллельного перемещения* может быть применен в тех же случаях, что и рассмотренный выше способ вращения. Рассмотрим примеры, приведен-

ные на рис. 4.47. Изобразим на плоскости V на свободном месте чертежа фронтальную проекцию $c'd'$ прямой CD в новом положении так, что она будет параллельна оси Ox (проекция $c'_1d'_1 = c'd'$, рис. 4.47, а). В этом случае существует такая ось вращения, поворот вокруг которой приведет прямую CD в положение, параллельное плоскости H . Ось вращения можно не указывать, так как все построения могут быть проделаны без нее. На горизонтальной плоскости проекций траектории перемещения совпадут с прямыми, параллельными оси Ox . Опустив из точек c'_1 и d'_1 линии связи до пересечения с этими прямыми, получим проекцию c_1d_1 прямой CD , которая в новом положении проецируется на плоскость H в натуральную величину.

На рис. 4.47, б без указания оси вращения показан поворот треугольника ABC в положение, параллельное плоскости H . Его фронтальная проекция $a'b'c'$ изображена на произвольном месте плоскости V параллельно оси Ox .

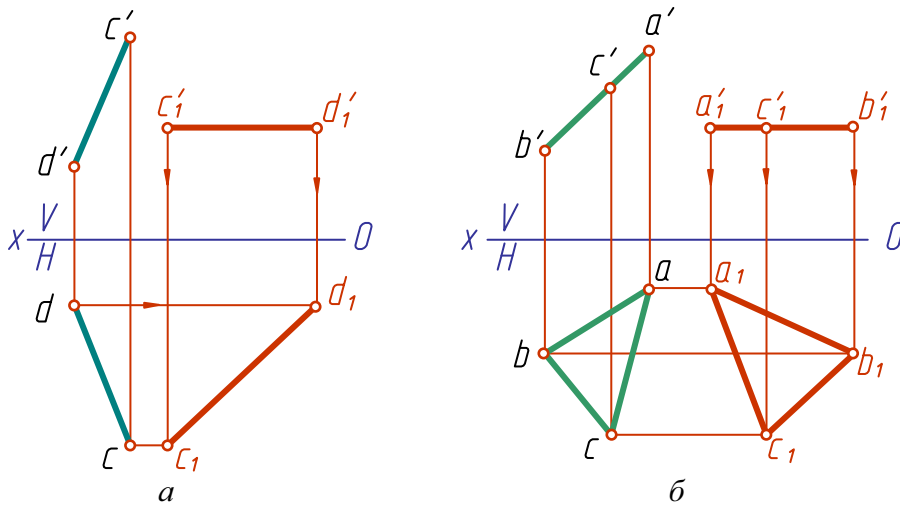


Рис. 4.47

Из сказанного следует, что проекции геометрических элементов при вращении не изменяет своей величины на той плоскости проекций, которой перпендикулярна ось вращения. Это происходит потому, что угол наклона прямой или плоскости к плоскости проекций, к которой перпендикулярна ось, не изменяется при перемещении этих геометрических элементов. Взаимное расположение точек при повороте, а значит и форма и величина проекции вращаемого объекта на этой плоскости проекций остаются без изменений. Меняется лишь ее положение.

На этом и основан способ вращения без указания осей. Одну из проекций вычерчиваем в новом положении по отношению к оси проекций Ox , а на другой плоскости проекций проводим прямые, параллельные оси Ox , изображающие на плоскости проекций путь перемещения точек. В пересечении линий проекционной связи, проведенных от про-

екций точек после поворота, и линий, параллельных оси Ox , получаем точки, определяющие положение второй проекции после поворота.

Способ совмещения

Способ совмещения можно рассматривать как частный случай вращения. Он применяется для определения натуральной величины геометрической фигуры, расположенной в плоскости. Эту плоскость вместе с геометрической фигурой, лежащей в этой плоскости, вращают вокруг одного из следов, совмещая с той плоскостью проекций, в которой лежит этот след. В совмещенном положении геометрическая фигура изображается в натуральную величину. Если геометрическая фигура задана на эюре без следов, то следы плоскости нужно построить. Рассмотрим пример совмещения только для проецирующей плоскости. Наклонный след плоскости проходит через прямую, в которую проецируется геометрическая фигура, а второй след – перпендикулярно оси проекций.

На рис. 4.48 показано совмещение плоскости P ($\triangle ABC$) с фронтальной плоскостью проекций V вращением ее вокруг фронтального следа P_V . Плоскость P перпендикулярна плоскости V . Через вершины треугольника ABC проведены в плоскости P горизонтали и фронтали. Вершины треугольника лежат в точках пересечения этих линий. Горизонтальные проекции горизонталей параллельны горизонтальному следу P_H плоскости P , а горизонтальные проекции фронталей параллельны оси Ox . На фронтальную плоскость проекций горизонтали, которые перпендикулярны плоскости V , проецируются в точки a' , b' и c' на след P_V . На этот же след проецируются и фронтали.

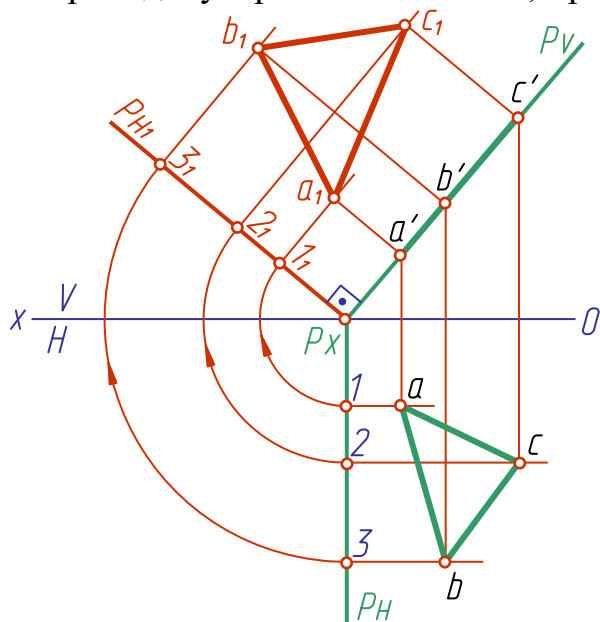


Рис. 4.48

Для построения совмещенного положения плоскости P с плоскостью V проводим совмещенный горизонтальный след P_{H1} плоскости P перпендикулярно фронтальному следу P_V через точку схода следов P_X . Следы P_H и P_V расположены в пространстве перпендикулярно друг другу, и в совмещенном положении прямой угол между ними сохранится. Затем проводим в совмещенной плоскости P горизонтали и фронтали через точки их

пересечения со следами плоскости. Горизонтالي пересекают след P_V в точках, совпадающих с проекциями a' , b' , c' , и через эти точки проводим горизонтали параллельно совмещенному следу P_{H1} .

Фронтالي пересекают горизонтальный след P_H в точках 1, 2, 3. Из этих точек проводим дуги с центром в точке P_X , находим точки 1_1 , 2_1 , 3_1 и через них проводим совмещенные фронтالي параллельно следу P_V , так как все фронтали плоскости параллельны ее фронтальному следу. Каждая из проведенных фронталей, пересекаясь с соответствующей горизонталью, дает одну из вершин треугольника. Треугольник ABC в совмещенном положении изображается в натуральную величину.

Вопросы для самоконтроля

1. Как может быть задана на чертеже плоская фигура?
2. Что называется следом плоскости?
3. Какая плоскость называется плоскостью общего положения?
4. Какая плоскость называется проецирующей?
5. Какая плоскость называется плоскостью уровня?
6. Какие линии называются главными линиями плоскости?
7. Какие построения нужно выполнить, чтобы найти точку пересечения прямой с плоскостью?
8. Какое взаимное положение могут занимать плоскости?
9. Как по чертежу можно определить, параллельны ли между собой две плоскости общего положения?
10. Как строится линия пересечения двух плоскостей?
11. В чем заключается способ замены плоскостей проекций?
12. Как следует провести новую ось проекций, если необходимо определить натуральную величину отрезка способом замены плоскостей проекций?
13. Как удобнее провести ось вращения, если необходимо повернуть отрезок прямой в положение, параллельное плоскости V , способом вращения вокруг оси, перпендикулярной одной из плоскостей проекций?
14. Как относительно оси Ox нужно расположить горизонтальную проекцию прямой, чтобы прямая на фронтальную плоскость проекций спроецировалась в натуральную величину?

Глава 5

ЛИНИИ И ПОВЕРХНОСТИ

5.1. Кривые линии. Общие сведения, понятия и определения

Кривую линию можно рассматривать как множество последовательных положений точки, непрерывно перемещающейся в пространстве. Кривая линия может являться результатом пересечения между собой поверхностей или поверхности и плоскости.

Различают *плоские* и *пространственные* линии. Кривая линия называется плоской, если все точки линии лежат в одной плоскости, и пространственной, если ее точки не лежат в одной плоскости. Плоскими линиями являются, например, окружность, эллипс, овал. Примером пространственной линии может служить винтовая линия.

Проекциями пространственной кривой являются плоские линии. Плоская кривая проецируется в виде плоской линии или в виде прямой линии, если кривая находится в проецирующей плоскости.

В общем случае секущая AB кривой проецируется секущей ее проекции, а касательная CD к кривой проецируется касательной к ее проекции (рис. 5.1).

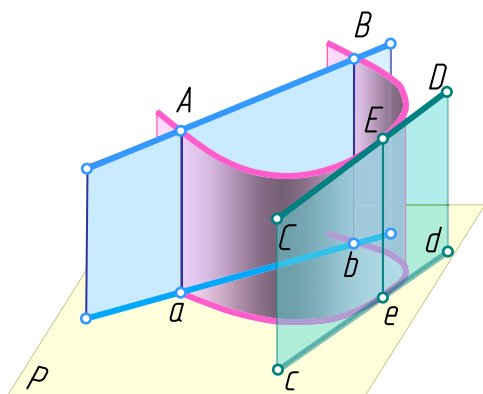


Рис. 5.1

Линия считается *закономерной*, если в своем образовании она подчинена какому-либо геометрическому закону. Закономерные линии подразделяют на *алгебраические* и *трансцендентные*. В первом случае линию можно описать алгебраическим уравнением, а во втором – трансцендентным (например, тригонометрическим). Порядок алгебраической кривой равен степени ее уравнения или максимальному числу точек ее возможного пересечения с плоскостью или прямой.

На комплексном чертеже кривая линия задается своими проекциями, которые строят по проекциям точек, принадлежащих этой линии. Если плоскость плоской кривой занимает проецирующее положение (рис. 5.2, а), то одна проекция этой кривой имеет форму прямой. У пространственной кривой все проекции – кривые линии (рис. 5.2, б).

Чтобы определить по чертежу, какая задана кривая (плоская или пространственная), необходимо выяснить, принадлежат ли все точки кривой одной плоскости. Заданная на рис. 5.2, б кривая является про-

странственной, так как прямые AD и BF не пересекаются, а скрещиваются (то есть не лежат в одной плоскости).

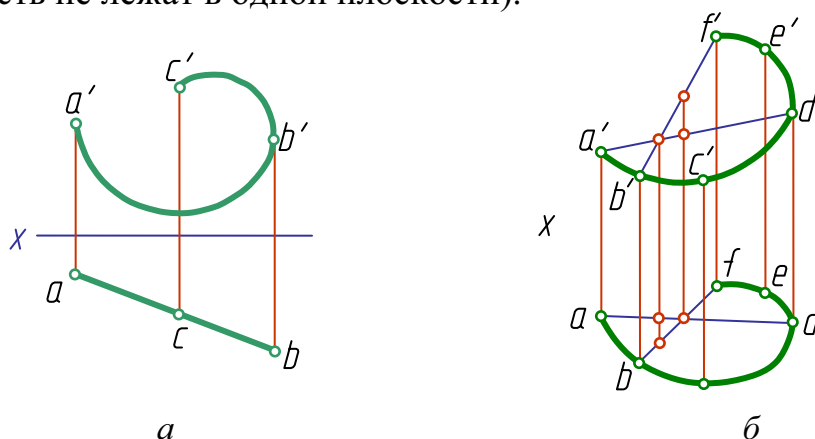


Рис. 5.2

В начертательной геометрии кривая часто строится как линия, последовательно проходящая через задающие ее точки. Упорядоченное множество точек, определяющих линию, составляет ее *точечный каркас*. Точки каркаса подразделяют на *опорные* и *промежуточные*. Промежуточные точки должны обеспечить необходимую и достаточную плотность каркаса, то есть обеспечивают количественную характеристику кривой. Наиболее важны опорные точки, которые отражают качественную характеристику кривой. Рассмотрим некоторые из опорных точек.

Экстремальные точки – это точки, которые удалены от плоскостей проекций на максимальное или минимальное расстояние (верхняя и нижняя, крайние правая и левая точки).

Точки *видимости*. Если кривую рассматривать как линию на какой-то непрозрачной поверхности, то те точки, в которых меняется видимость кривой, называют *точками видимости* (обычно они расположены на контурных линиях поверхности).

К опорным относят и точки, в которых кривая пересекает свою ось или плоскость симметрии (если таковые имеются).

Кривые второго порядка

Уравнениям второй степени соответствуют кривые второго порядка. К ним относятся эллипс, гипербола и парабола. Окружность является частным случаем эллипса; точка, две пересекающиеся, параллельные и две совпавшие прямые есть вырожденные случаи кривых второго порядка. Все эти линии (кроме двух параллельных прямых) можно встретить на конической поверхности вращения, поэтому часто их называют *кониками*.

Построение окружности

Окружность – плоская кривая второго порядка, ортогональная проекция которой может быть окружностью и эллипсом (рис. 5.3).

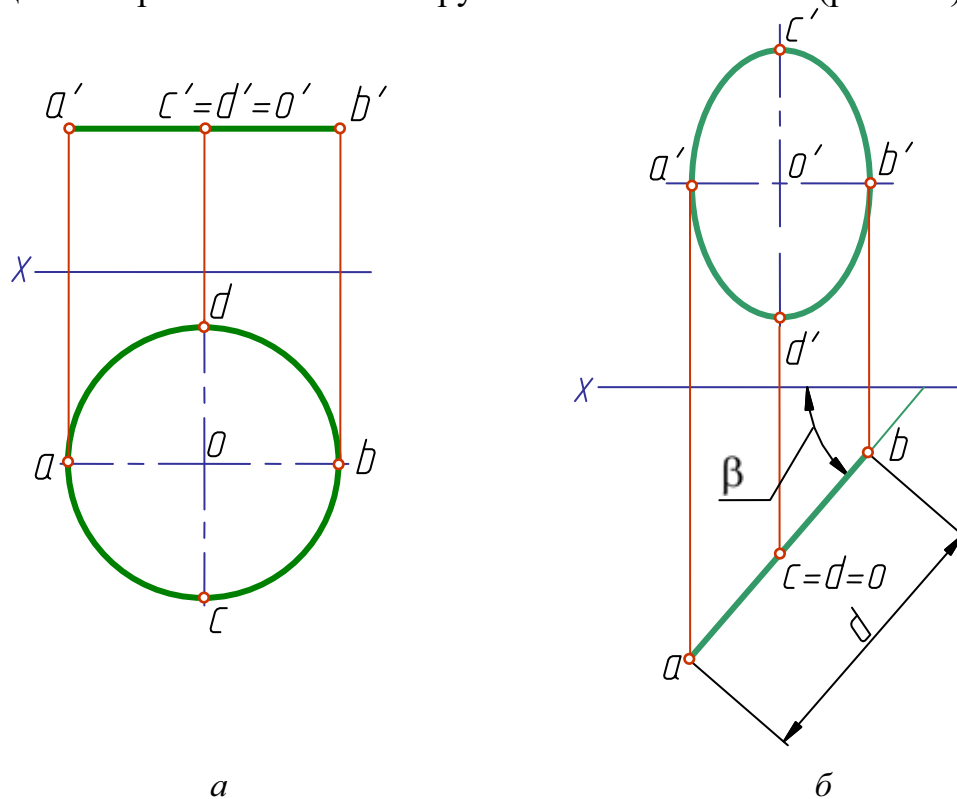


Рис. 5.3

Для изображения окружности диаметра d на комплексном чертеже обязательно строят проекции центра O и двух ее диаметров.

Если окружность расположена в плоскости уровня, например в плоскости, параллельной плоскости H (рис. 5.3, *a*), то в этом случае фронтальной проекцией окружности служит отрезок, равный d , а горизонтальной проекцией является окружность.

Если окружность расположена в проецирующей плоскости, то проекции ее диаметров параллельны плоскостям проекций. Например, $AB \parallel H$; $CD \parallel V$, $CD \perp H$ (рис. 5.3, *б*). Фронтальная проекция окружности – эллипс – определяется малой осью эллипса $a'b' = d \cos \beta$ и большой осью эллипса $c'd' = d$.

Если окружность расположена в плоскости общего положения, она проецируется на все плоскости проекций в виде эллипсов, которые можно построить по сопряженным диаметрам. Эти диаметры являются проекциями диаметров, параллельных плоскостям проекций (см. приложение).

Цилиндрическая винтовая линия

Цилиндрическая винтовая линия (гелиса) – это пространственная кривая, представляющая собой траекторию движения точки, равномерно вращающейся вокруг оси и одновременно перемещающейся вдоль этой оси.

Высота, на которую поднимается точка по прямой за полный оборот, называется *шагом винтовой линии*. Если ось винтовой линии перпендикулярна плоскости проекций, то горизонтальная проекция винтовой линии есть окружность, а фронтальная – синусоида.

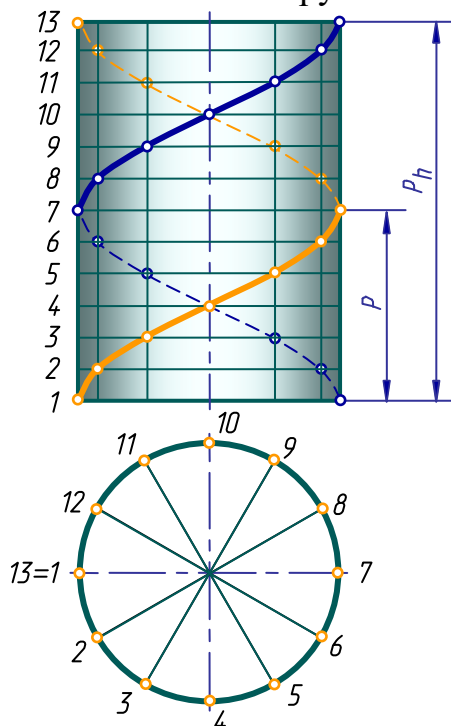


Рис. 5.4

На одной поверхности цилиндра может быть несколько винтовых линий с одинаковым шагом. Каждую линию в таком случае называют *заходом*, а шагом считают расстояние вдоль оси между соседними линиями. Число заходов обозначают n .

В однозаходной винтовой линии ход равен шагу и между ними различий не делают.

В многозаходной винтовой линии ход P_h связан с шагом и числом заходов выражением $P_h = P \times n$ (рис. 5.4).

Винтовую линию называют *правой*, если поднимаясь вверх, точка вращается по часовой стрелке, и *левой*, если точка вращается против часовой стрелки.

5.2. Определение и задание поверхностей на чертеже

В начертательной геометрии поверхности рассматриваются как множество последовательных положений движущейся линии. Такой способ образования поверхности называется *кинематическим*.

Линия (кривая или прямая) движется в пространстве и создает поверхность. Она называется *образующей*. Как правило, образующая движется по второй линии. Эта линия называется *направляющей*.

Кроме кинематического способа, поверхность может быть задана

- *аналитически*, то есть, описана математическим выражением;
- *каркасным* способом, который используется при задании сложных поверхностей.

В последнем случае для задания поверхности необходимо иметь ряд ее параллельных сечений (каркас), которые можно рассматривать как положения образующей переменного вида. Такой способ применяется при изготовлении кузовов автомобилей, в самолето- и судостроении.

Способ задания поверхности каркасом, например, с помощью линий пересечения поверхности плоскостями уровня, применяется в топографии, горном и дорожном деле. Проекция линии уровня на плоскость проекций с соответствующими отметками представляют собой карту рельефа местности. Поверхность, отнесенная к земной поверхности, называется *топографической*.

Чтобы задать поверхность на комплексном чертеже, достаточно иметь на нем такие элементы поверхности, которые позволяют построить каждую ее точку. Совокупность этих элементов называется *определителем поверхности*.

Определитель поверхности состоит из двух частей:

- *геометрической части*, включающей постоянные геометрические элементы (точки, линии), которые участвуют в образовании поверхности;
- *алгоритмической части*, задающей закон движения образующей, характер изменения ее формы.

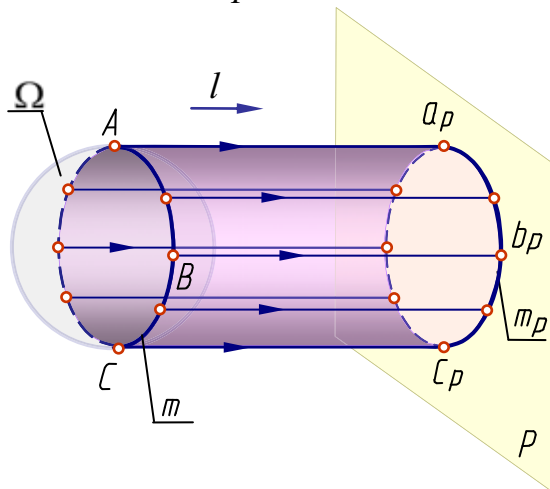


Рис. 5.5

Когда какая-нибудь поверхность Ω проецируется с помощью параллельных лучей на плоскость проекций P , то проецирующие прямые, касающиеся поверхности Ω , образуют цилиндрическую поверхность (рис. 5.5). Эти проецирующиеся прямые касаются поверхности Ω в точках, образующих некоторую линию m , которая называется *контурной линией*.

Проекция контурной линии m на плоскость P , m_p , называется *очерком поверхности*.

Чтобы сделать чертеж более наглядным строят *очерк поверхности*, а также ее наиболее важные линии и точки.

Классификация поверхностей

Поверхности можно разделить на несколько классов в зависимости от формы образующей, а также от формы, числа и расположения направляющих:

1. Поверхности закономерные и не закономерные.
2. Линейчатые (образованные перемещением прямой линии) и нелинейчатые (криволинейные) поверхности.
3. Поверхности развертывающиеся (или торсы) и неразвертывающиеся.

Развертывающиеся поверхности – поверхности, которые после разреза их по образующей могут быть односторонне совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок.

Неразвертывающиеся поверхности – поверхности, которые не могут быть совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок.

4. Поверхности с образующей постоянной формы и поверхности с образующей переменной формы.

5. Поверхности с поступательным, вращательным или винтовым движением образующей.

Из большого числа имеющихся поверхностей (рис. 5.7) в данном пособии рассматриваются только наиболее часто встречающиеся.

5.3. Точка и линия на поверхности

Точка принадлежит поверхности, если она принадлежит какой-нибудь линии, принадлежащей поверхности.

Линия принадлежит поверхности, если она проходит через точки, принадлежащие поверхности.

Следовательно, если точка принадлежит поверхности, то ее проекции принадлежат одноименным проекциям линии этой поверхности.

5.4. Гранные поверхности и многогранники. Пересечение многогранников плоскостями

Гранной поверхностью называется поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей по ломаной направляющей. Гранные поверхности можно разделить на два вида: пирамидальные (рис. 5.6, а) и призматические (рис. 5.6, б).

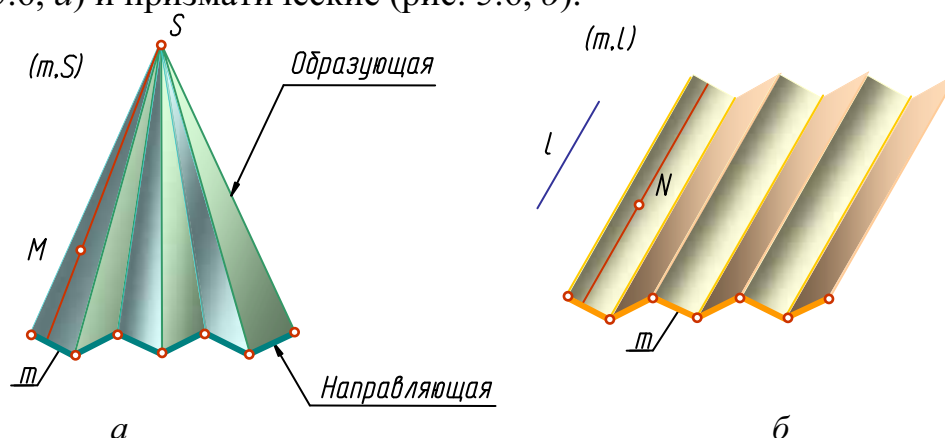


Рис. 5.6

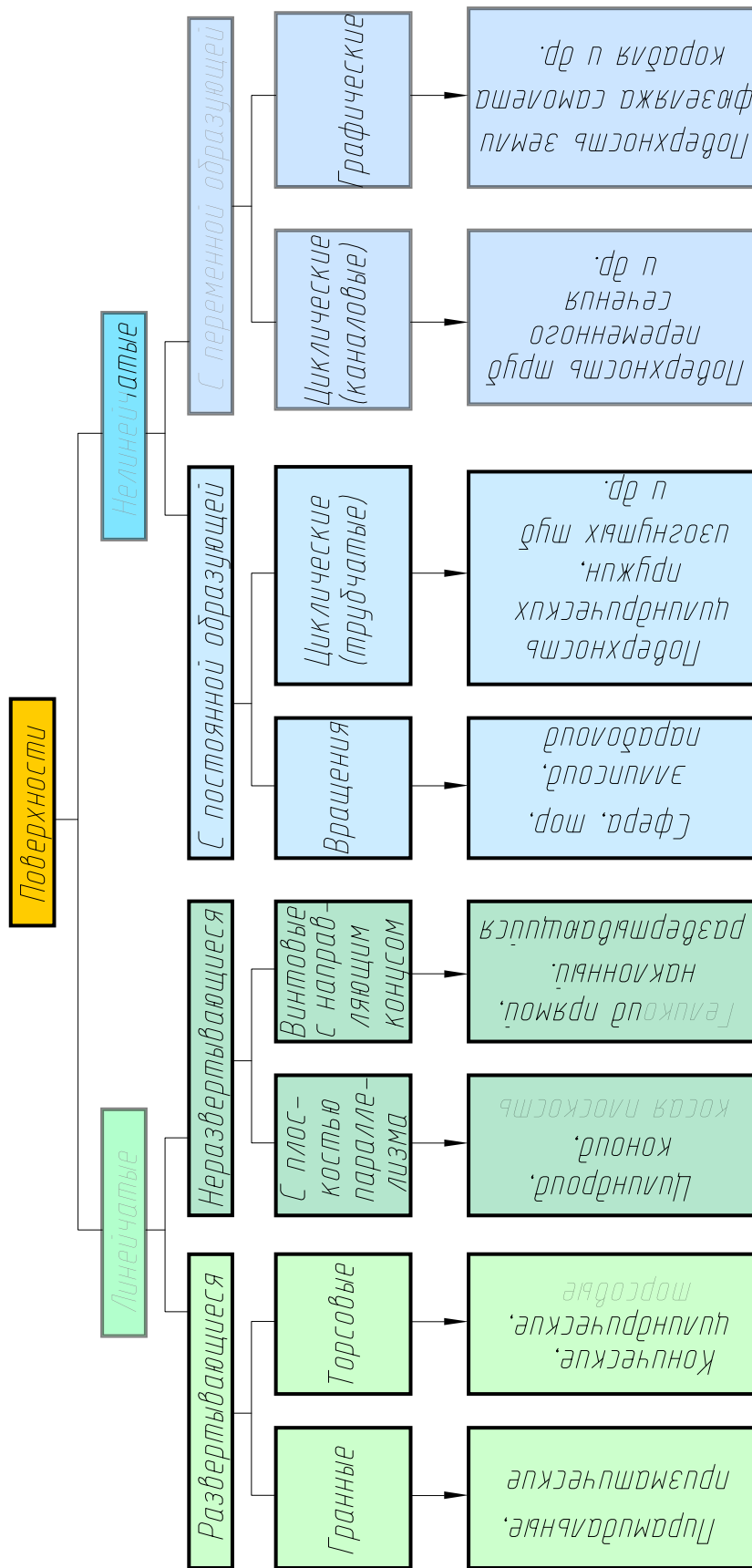


Рис. 5.7

Пирамидальной называется поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей по ломаной направляющей. При этом все образующие проходят через некоторую неподвижную точку S . Определитель поверхности – ломаная направляющая m и точка S .

Призматической называется поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей по ломаной направляющей. При этом все образующие проходят параллельно некоторому заданному направлению l . Определитель поверхности – ломаная направляющая m и направление l .

Если образующие призматической поверхности перпендикулярны плоскости проекций, то такую поверхность называют *проецирующей*.

Точки M и N принадлежат соответственно пирамидальной и призматической поверхностям, так как принадлежат прямым, расположенным на этих поверхностях.

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

Многогранником называется тело, ограниченное плоскими многоугольниками. Рассмотрим два многогранника – призму и пирамиду.

Призмой называется многогранник, у которого основания – равные многоугольники с соответственно параллельными сторонами. Боковые грани призмы – параллелограммы. Если ребра боковых граней перпендикулярны основанию, то призму называют *прямой*.

Для задания призмы достаточно задать одно ее основание и боковое ребро (рис. 5.8, а).

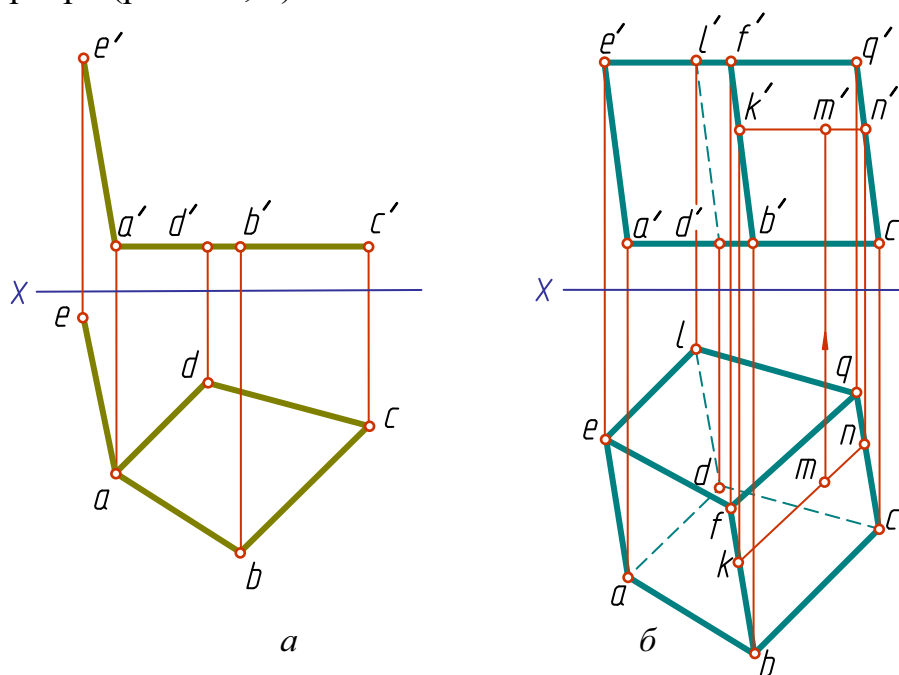


Рис. 5.8

Затем строим ребра DL , BF и CQ , параллельные и равные заданному ребру AE . Точки E, D, Q, L определяют второе основание, а тем самым и все грани призмы (рис. 5.8, б). Чертеж в этом случае приобретает большую наглядность.

Чтобы построить недостающую проекцию точки, лежащей на грани многогранника, нужно через эту точку провести прямую. Например, если задана горизонтальная проекция точки M , принадлежащей грани $BCQF$, то для построения ее фронтальной проекции нужно через эту точку провести прямую KN . Тогда m' определится как точка, принадлежащая проекции $k'n'$.

Развертка поверхности призмы

При построении развертки поверхности любого многогранника все его грани располагают в одной плоскости. В результате построения развертки получают плоскую фигуру, в которой все грани многогранника сохраняют свою форму, натуральные размеры и последовательность расположения.

Рассмотрим построение развертки поверхности пятиугольной призмы (рис. 5.9).

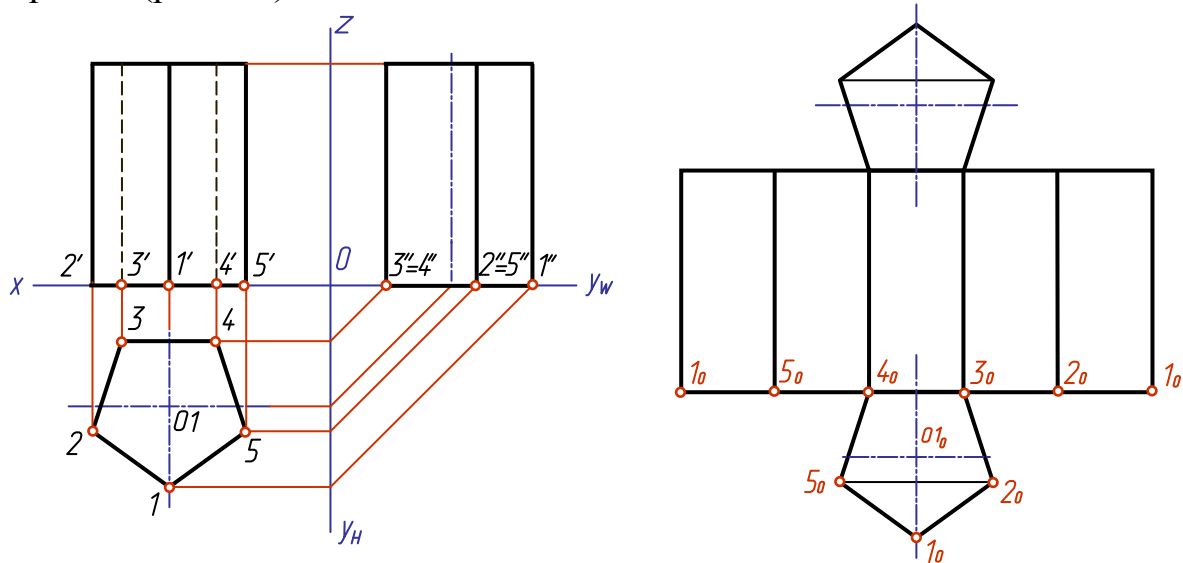


Рис. 5.9

Для построения развертки боковой поверхности проводим горизонтальную прямую линию, на которой откладываем пять отрезков, каждый из которых равен ширине грани или стороне пятиугольного основания. Можно взять величину этого отрезка с ортогонального чертежа, где сторона основания проецируется без искажения. Получаем точки $1_0 \dots 5_0$. Затем из этих точек вверх проводим перпендикуляры (ребра боковой поверхности призмы), на которых откладываем высоту призмы, взятую на фронтальной или профильной проекции.

Далее строим два основания. Для этого через середину стороны грани 3_04_0 (или любой другой) проводим центровую линию, на которую с горизонтальной проекции переносим расстояние от стороны 34 до центра $O1$ и вершины основания. Строим точку $O1_0$ и проводим вторую центровую линию основания. Для нахождения точек 2_0 и 5_0 на горизонтальной проекции точки 2 и 5 соединяем прямой линией. Измеряем расстояние от точки пересечения этой линии с центральной до стороны 34 и переносим это расстояние на соответствующую центровую линию на развертке. Проводим параллельно стороне 3_04_0 прямую, на которую с горизонтальной проекции переносим расстояние от осевой линии до точек 2 и 5 . Полученные точки $1_0 \dots 5_0$ соединяем отрезками, получаем основание. Таким же образом строим второе основание.

Пирамида представляет собой многогранник (рис. 5.10), у которого одна грань – основание (произвольный многоугольник $ABCD$). Остальные грани (боковые) – треугольники с общей вершиной S , называемой вершиной пирамиды.

Для задания на чертеже пирамиды достаточно задать ее основание и вершину. Чтобы построить проекции точки на поверхности пирамиды, нужно через эту точку провести прямую, аналогично построению, выполненному на рис. 5.8, б для призмы.

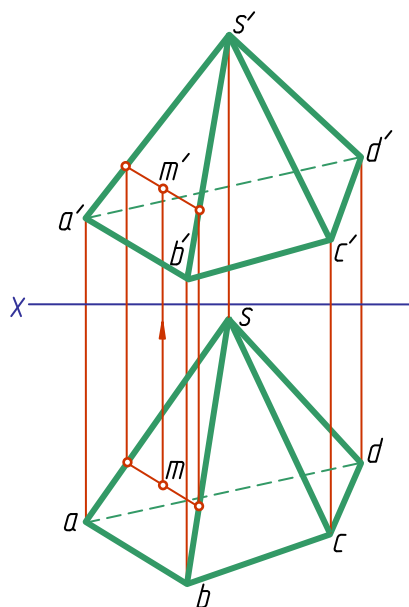


Рис. 5.10

Развертка поверхности правильной пирамиды

Так как боковые ребра правильной пирамиды равны между собой и все грани равнобедренные треугольники, то развертку боковой поверхности пирамиды начинаем строить с проведения дуги радиусом, равным размеру ребра боковой поверхности пирамиды (рис. 5.11). На фронтальную и горизонтальную плоскости проекций ребра пирамиды проецируются с искажением, так как расположены наклонно относительно плоскостей H и V . На профильной плоскости проекций ребра $S2$ и $S3$ тоже проецируются с искажением, так как расположены наклонно к плоскости W , а ребро $S1$ проецируется в натуральную величину, потому что располагается параллельно плоскости W . Радиусом, равным длине ребра $S1$ ($s''1''$), описываем дугу. На ней от произвольно выбранной точки откладываем три хорды, равные стороне основания. Размер стороны основания берем с горизонтальной проекции пирамиды. Затем для

построения основания на развертке из точек 1_0 и 3_0 радиусом, равным стороне основания, проводим дуги до взаимного пересечения в точке 2_0 .

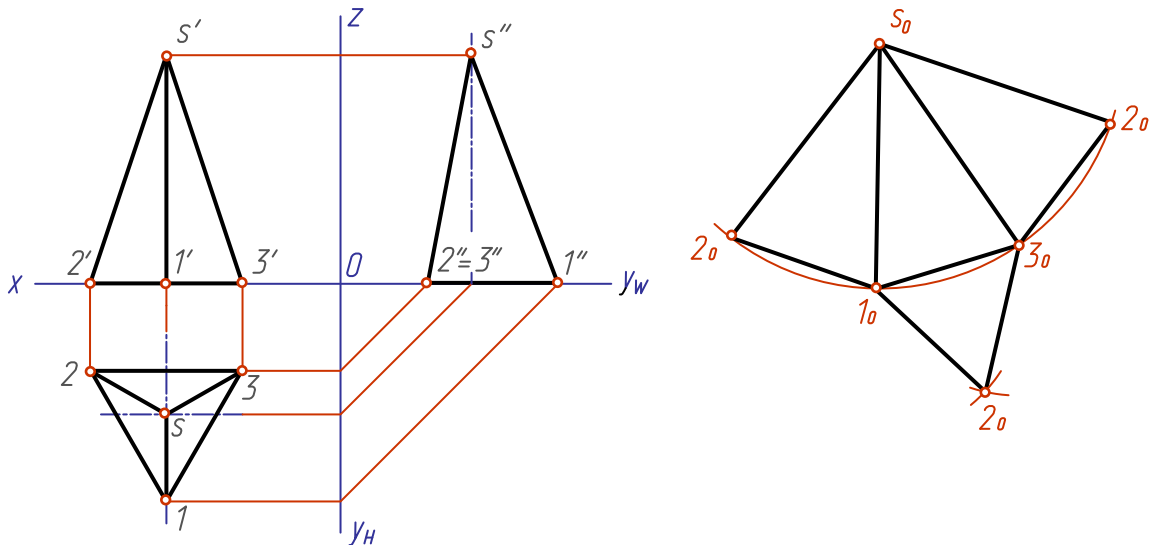


Рис. 5.11

Развертка поверхности неправильной пирамиды

Развертка поверхности неправильной пирамиды будет состоять из неправильных треугольников боковой поверхности и неправильного треугольника, лежащего в основании, совмещенных в одну плоскость, причем их взаимное расположение на развертке должно соответствовать взаимному расположению на ортогональных проекциях. Так как у неправильной пирамиды стороны основания разные и ребра боковой поверхности не равны между собой, сначала находим натуральную величину всех боковых ребер (рис. 5.12). Для этого используем один из способов определения натуральной величины отрезка прямой общего положения. В данном случае использован способ вращения. Боковые ребра вращаем вокруг оси, проведенной через вершину пирамиды S перпендикулярно плоскости H . На чертеже фронтальная проекция оси $i'i'$ проведена через фронтальную проекцию вершины s' перпендикулярно оси Ox . Горизонтальные проекции ребер $s1$, $s2$ и $s3$ поворачиваем до положения, параллельного оси Ox . При этом горизонтальные проекции точек 1 , 2 и 3 займут положение 1_1 , 2_1 и 3_1 . От этих точек проводим линии проекционной связи на фронтальную плоскость проекций для получения их фронтальных проекций $1'_1$, $2'_1$ и $3'_1$. Затем фронтальные проекции точек соединяем с фронтальной проекцией s' вершины S прямыми линиями, которые и будут натуральными величинами ребер ($1'_1s'$, $2'_1s'$ и $3'_1s'$).

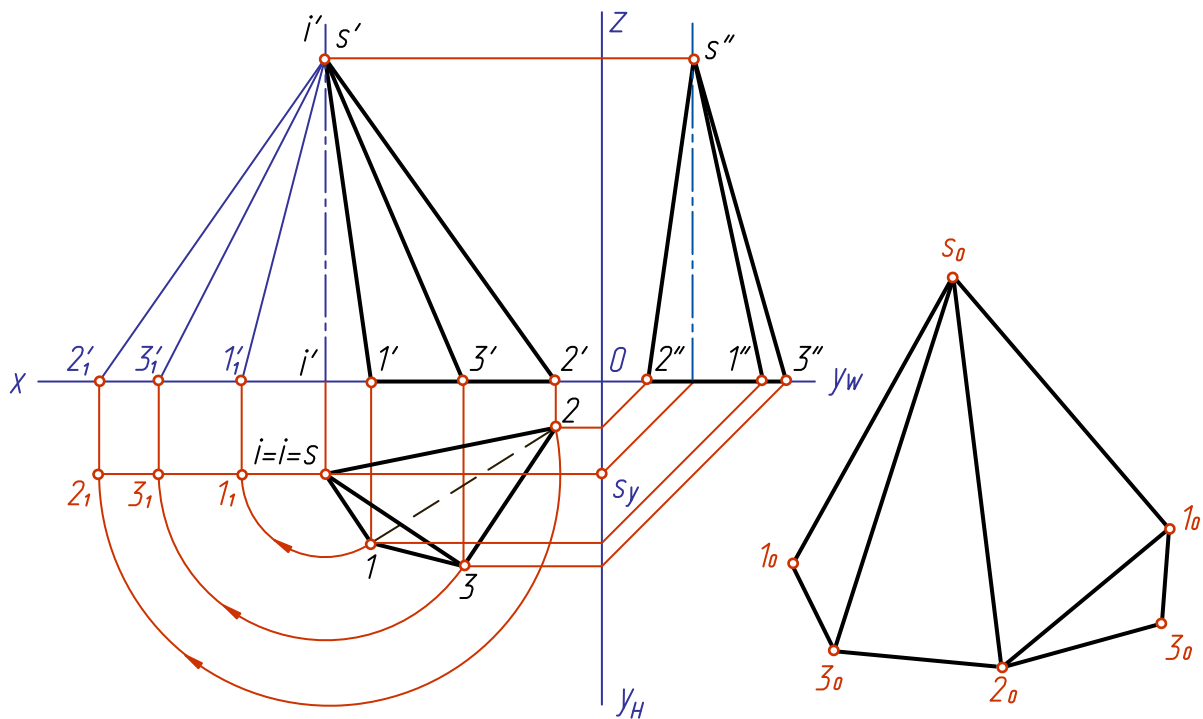


Рис. 5.12

Стороны основания 12, 23 и 13 спроецировались в натуральную величину на горизонтальную плоскость проекций. Зная натуральные величины всех элементов пирамиды, приступаем к построению развертки ее поверхности. При построении развертки боковой поверхности используем способ построения треугольников по трем заданным сторонам. Построение можно начать с любой грани боковой поверхности, например с грани $1S3$ (рис. 5.12). Сначала на свободном месте чертежа проводим произвольную прямую и на ней откладываем натуральную величину стороны основания 1_03_0 , взятую с горизонтальной проекции. Затем из точки 1_0 радиусом, равным натуральной величине ребра $S1$ ($s'1'_1$), а из точки 3_0 радиусом, равным натуральной величине ребра $S3$ ($s'3'_1$), делаем засечки до пересечения в точке S_0 , которая будет вершиной развертки боковой поверхности пирамиды. Далее строим боковую грань $3S2$. Для этого на фронтальной проекции циркулем измеряем натуральную величину ребра $S2$ ($s'2'_1$) и на развертке этим радиусом из вершины S_0 , а из точки 3_0 радиусом 3_02_0 , взятым с горизонтальной проекции, делаем засечки до пересечения в точке 2_0 . Соединив точку 2_0 прямой линией с вершиной S_0 , получим вторую грань $3_0S_02_0$ боковой поверхности пирамиды. Третья грань и основание сроятся тем же способом.

Пересечение многогранников плоскостями

В пересечении гранных поверхностей плоскостями получаются многоугольники. Их вершины определяются как точки пересечения ребер гранных поверхностей с секущей плоскостью.

Многоугольник сечения может быть построен двумя способами:

1. Вершины многоугольника находятся как точки пересечения прямых (ребер) с секущей плоскостью;
2. Стороны многоугольника находятся как линии пересечения плоскостей (граней) многогранника с секущей плоскостью.

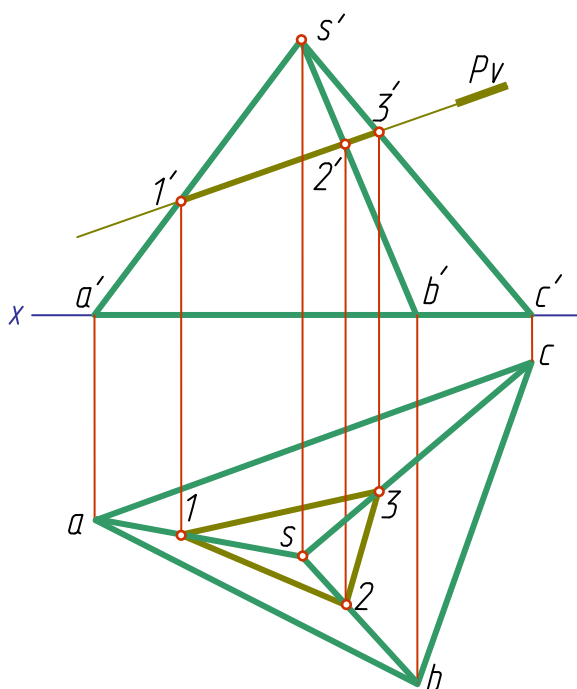


Рис. 5.13

В качестве примера построим сечение пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью P (рис. 5.13).

Секущая плоскость является фронтально-проецирующей, следовательно, все линии, лежащие в этой плоскости (в том числе и фигура сечения на фронтальной проекции), совпадут с фронтальным следом P_V плоскости P . Таким образом, фронтальная проекция фигуры сечения $1'2'3'$ определится при пересечении фронтальных проекций ребер пирамиды со следом P_V . Горизонтальные проекции точек 1, 2 и 3 находим при помощи линий связи на горизонтальных проекциях соответствующих ребер.

Пирамида с вырезом

В качестве примера построения сечений многогранника несколькими плоскостями рассмотрим построение пирамиды с вырезом. Вырез образован тремя плоскостями – P , R , и T (рис. 5.14).

Плоскость P параллельна горизонтальной плоскости проекций. Она пересекает поверхность пирамиды по пятиугольнику 1-2-3-К-6. На горизонтальной плоскости проекций стороны пятиугольника параллельны проекциям сторон основания пирамиды. Построив горизонтальную проекцию пятиугольника, отмечаем точки 4 и 5.

Фронтально-проецирующая плоскость R пересекает пирамиду по пятиугольнику 1-2-7-8-9. Чтобы найти горизонтальные проекции точек 8 и 9, проведем через них дополнительные образующие SM и SN , снача-

ла на фронтальной проекции – $s'm'$ и $s'n'$, а затем на горизонтальной – sm и sn .

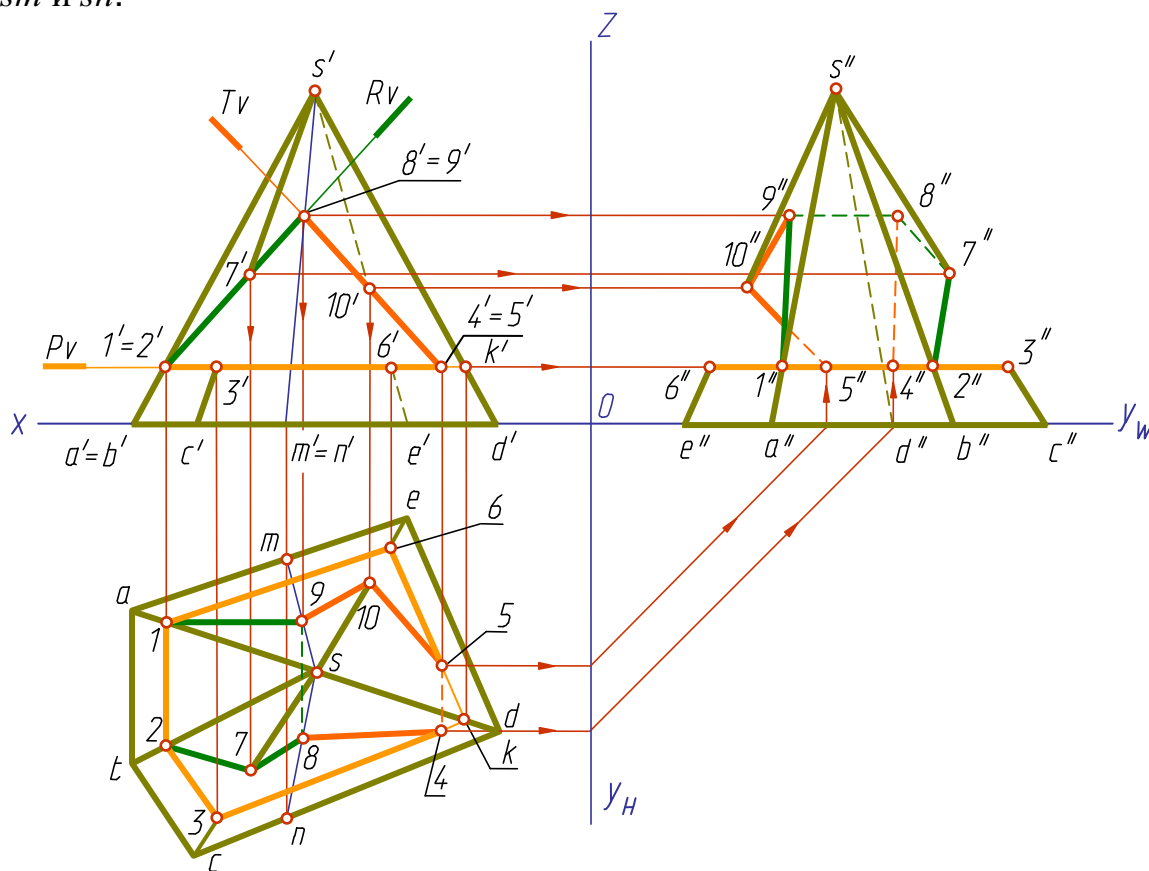


Рис. 5.14

Фронтально-проецирующая плоскость T пересекает пирамиду по пятиугольнику 5-4-8-9-10.

Построив горизонтальную проекцию выреза, строим его профильную проекцию.

5.5. Коническая и цилиндрическая поверхности. Торсы

Коническая поверхность образуется движением прямолинейной образующей по криволинейной направляющей. При этом образующая проходит через некоторую неподвижную точку S , которая называется вершиной (рис. 5.15).

Цилиндрическая поверхность образуется движением прямолинейной образующей параллельно заданной прямой линии l по криволинейной направляющей (рис. 5.16).

Точка N принадлежит данным поверхностям, так как она принадлежит образующей f этих поверхностей.

Коническая поверхность определена на чертеже, если заданы направляющая (по форме и положению) и вершина. В зависимости от ви-

да направляющей коническая поверхность может быть замкнутой и незамкнутой. Тело, ограниченное конической поверхностью и плоскостью, называется *конусом*. Конус может быть круговым, если в его основании лежит круг.

Цилиндрическая поверхность определена, если задана направляющая (по форме и положению) и образующая (по положению). Для

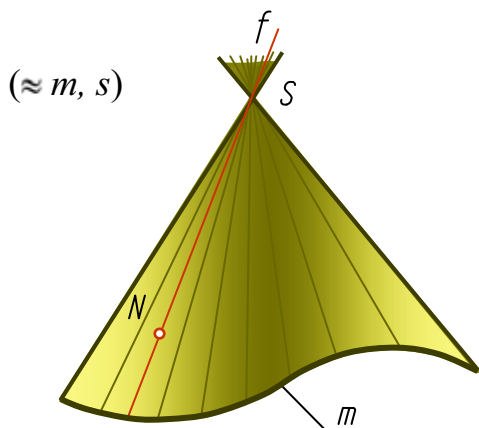


Рис. 5.15

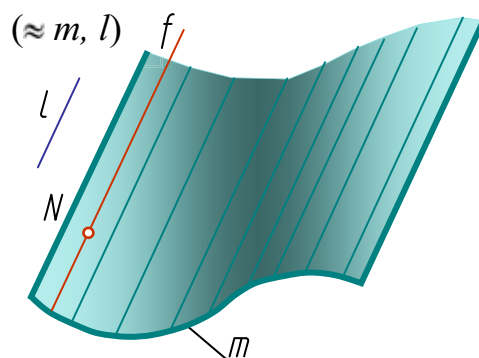


Рис. 5.16

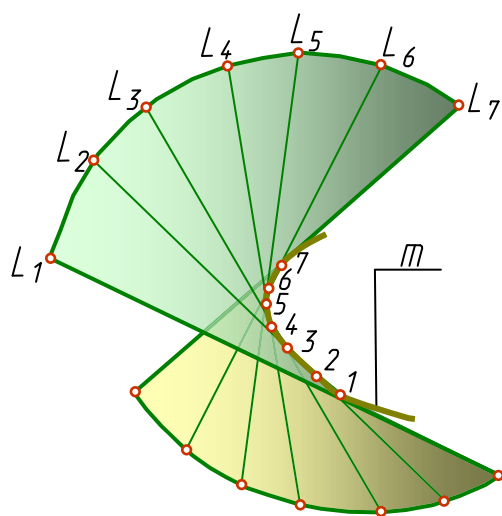


Рис. 5.17

построения чертежа цилиндрической поверхности удобно выбирать в качестве направляющей линию пересечения цилиндрической поверхности с плоскостью проекций или другой плоскостью, ей параллельной.

Цилиндрическая поверхность также может быть незамкнутой или замкнутой. Тело, ограниченное цилиндрической замкнутой поверхностью и двумя параллельными плоскостями, называется *цилиндром*. Цилиндрические поверхности различают по виду нормального сечения, например, круговой цилиндр, эллиптический цилиндр и т.д.

Торс (поверхность с ребром возврата) образуется движением прямой образующей, касающейся во всех своих положениях некоторой пространственной кривой, называемой *ребром возврата* (от франц. *tors* – витой, крученный).

Ребро возврата m является направляющей торса. Торс состоит из двух полостей, разделенных ребром возврата (рис. 5.17).

Если ребро возврата вырождается в точку, поверхность торса превращается в коническую. В случае, когда ребро возврата вырождается в бесконечно удаленную точку, торсовая поверхность превращается в цилиндрическую.

5.6. Поверхности вращения. Пересечение поверхностей вращения плоскостями

Поверхностью вращения называется поверхность, описываемая кривой (или прямой) образующей при ее вращении вокруг неподвижной оси (рис. 5.18). Эта поверхность определяется на чертеже заданием образующей и оси вращения.

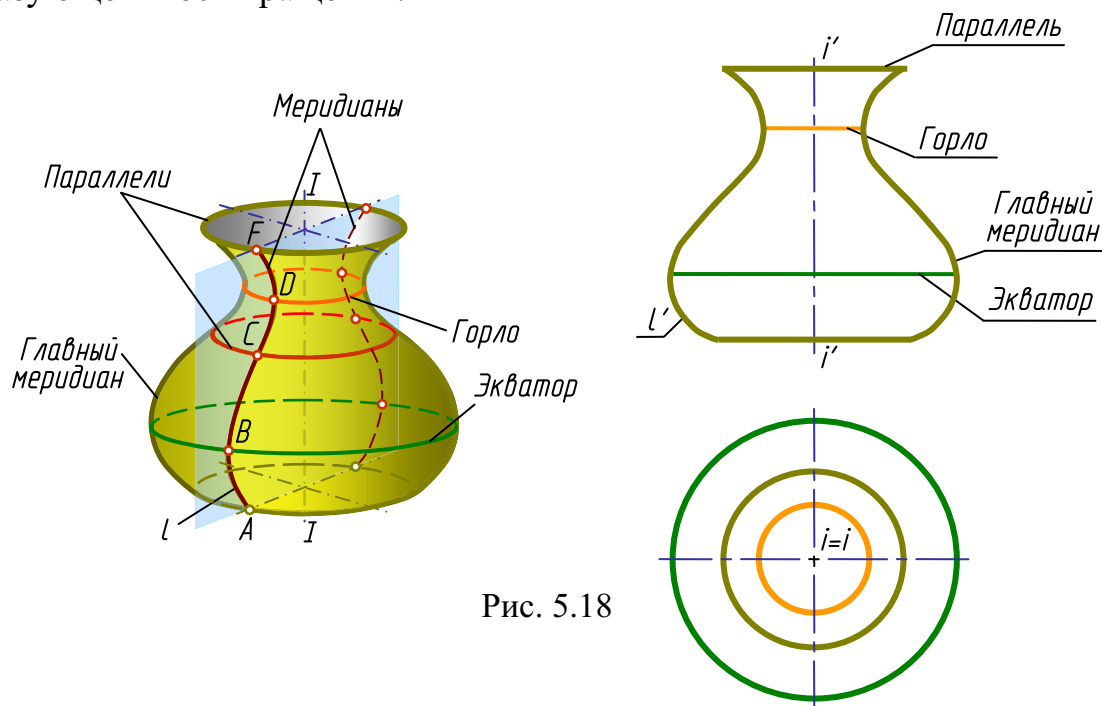


Рис. 5.18

Каждая точка образующей l описывает при своем вращении окружность, лежащую в плоскости, перпендикулярной оси вращения, с центром на оси. Эти окружности называются *параллелями*. Наибольшая из этих параллелей называется *экватором*, наименьшая – *горлом*.

Плоскость, проходящую через ось поверхности вращения, называют *меридианальной*. Линию ее пересечения с поверхностью – *меридианом*. Меридиан, параллельный фронтальной плоскости проекций, называется *главным меридианом*. Все меридианы равны между собой.

На чертеже ось вращения II располагают перпендикулярно к одной из плоскостей проекций, например горизонтальной. Тогда все параллели проецируются на эту плоскость в истинную величину. Экватор и горло определяют горизонтальный очерк поверхности. Фронтальным очерком такой поверхности будет главный меридиан, то есть меридиан, расположенный во фронтальной плоскости.

Точки на поверхностях вращения могут быть построены с помощью параллелей, то есть окружностей на поверхности (рис. 5.20, рис. 5.22, а, б, в, рис. 5.23 – рис. 5.25).

Рассмотрим некоторые тела и поверхности вращения.

1. Поверхности, образованные вращением прямой линии:

а) *цилиндр вращения* – поверхность, полученная вращением прямой l вокруг параллельной ей оси II (рис. 5.19);

б) *конус вращения* – поверхность, образованная вращением прямой l вокруг пересекающейся с ней осью II (рис. 5.20);

в) *однополостный гиперboloид вращения* – поверхность, полученная вращением прямой l вокруг скрещивающейся с ней осью II (рис. 5.21).

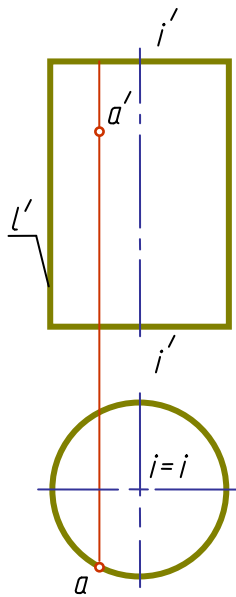


Рис. 5.19

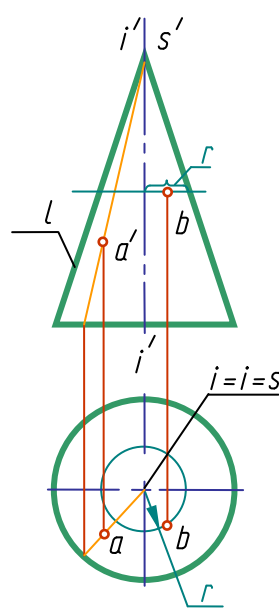


Рис. 5.20

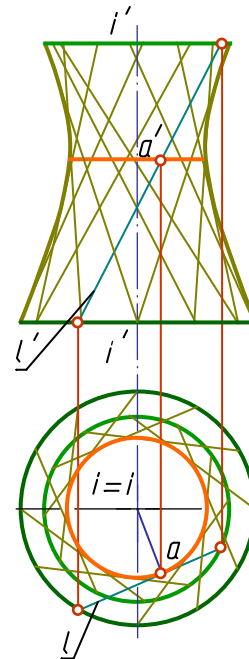


Рис. 5.21

Точка A , лежащая на перпендикуляре к оси вращения и образующей, будет описывать наименьшую окружность, являющуюся горлом гиперboloида. Однополостный гиперboloид может быть также получен вращением гиперболы вокруг ее мнимой оси.

2. Поверхности, образованные вращением окружности вокруг неподвижной оси:

а) *сфера* – поверхность, полученная вращением окружности вокруг ее диаметра (рис. 5.22, а);

б) *тор* – поверхность, полученная вращением окружности вокруг оси II , лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр (рис. 5.22, б – д).

Если ось вращения проходит вне окружности, то поверхность называется «открытый тор» или «тор – кольцо» (рис. 5.22, б); если ось касается окружности, то образованная поверхность называется «закрытый тор» (рис. 5.22, в); если ось пересекает окружность – «самопересе-

кающийся тор» (рис. 5.22, з, д). Тор, изображенный на рис. 5.22, з, называется также «тор-яблоко», а на рис. 5.22, д – «тор-лимон». Сфера – частный случай торовой поверхности.

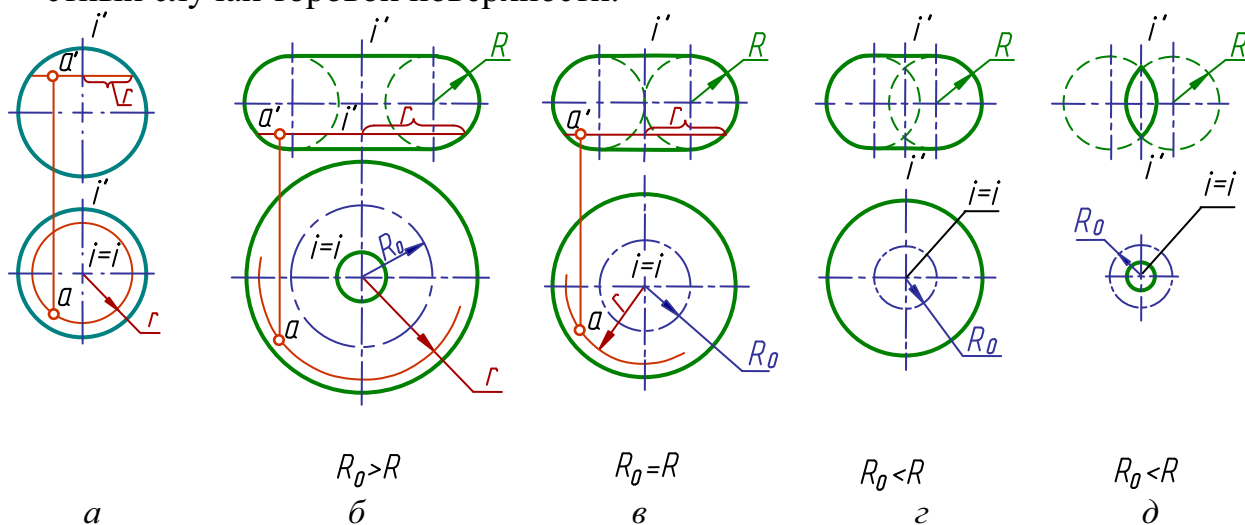


Рис. 5.22

3. Поверхности вращения, образованные вращением кривых второго порядка:

а) эллипсоид вращения – поверхность, полученная вращением эллипса вокруг оси (рис. 5.23). Поверхность, образованная вращением эллипса вокруг его большой оси, называется вытянутым эллипсоидом вращения (рис. 5.23, б), при вращении вокруг малой оси – сжатым эллипсоидом вращения (рис. 5.23, а, в);

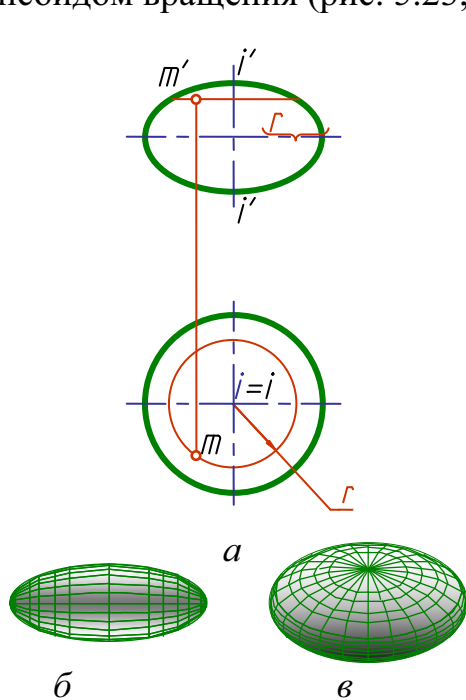


Рис. 5.23

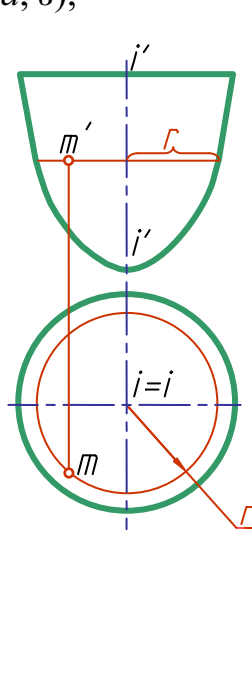


Рис. 5.24

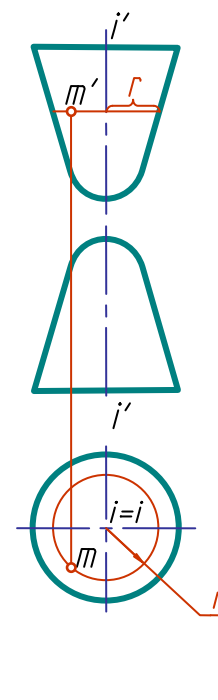


Рис. 5.25

б) *параболоид вращения* – поверхность, образованная вращением параболы вокруг ее оси (рис. 5.24);

в) *двухполостный гиперболоид вращения* – поверхность, образованная вращением гиперболы вокруг ее действительной оси (рис. 5.25).

Построение проекций линии пересечения цилиндра плоскостью

При пересечении цилиндра вращения плоскостью, параллельной оси вращения, в сечении получаются две прямых – образующих (рис. 5.26, а). Если секущая плоскость перпендикулярна оси вращения, в результате сечения получится окружность (рис. 5.26, б). В общем случае, когда секущая плоскость наклонена к оси вращения цилиндра, в сечении получается эллипс (рис. 5.26, в).

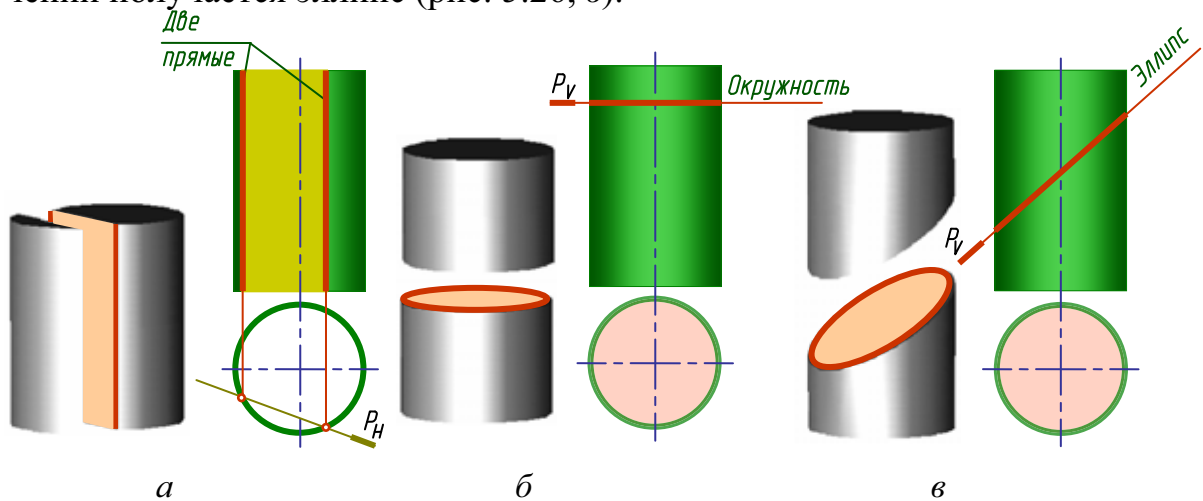


Рис. 5.26

Рассмотрим пример построения проекций линии сечения цилиндра фронтально-проецирующей плоскостью Q , когда в сечении получается эллипс (рис. 5.27).

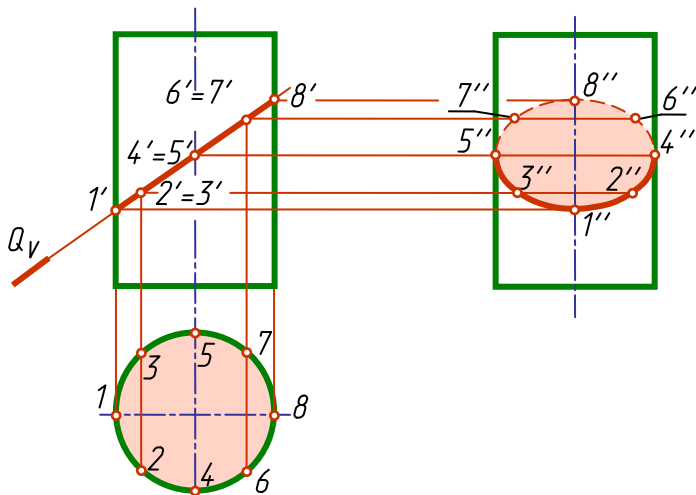


Рис. 5.27

Фронтальная проекция линии сечения в этом случае совпадает с фронтальным следом плоскости Q_V , а горизонтальная – с горизонтальной проекцией поверхности цилиндра – окружностью. Профильная проекция линии строится по двум имеющимся проекциям – горизонтальной и фронтальной.

В общем случае построение линии пересечения поверхности плоскостью заключается в нахождении общих точек, то есть точек, принадлежащих одновременно секущей плоскости и поверхности.

Для нахождения этих точек применяют способ дополнительных секущих плоскостей:

1. Проводят дополнительную плоскость.
2. Строят линии пересечения дополнительной плоскости с поверхностью и дополнительной плоскости с заданной плоскостью.
3. Определяют точки пересечения полученных линий.

Дополнительные плоскости проводят таким образом, чтобы они пересекали поверхность по наиболее простым линиям.

Нахождение точек линии пересечения начинают с определения характерных (опорных) точек. К ним относятся

- верхние и нижние точки;
- левая и правая точки;
- точки границы видимости,
- точки, характеризующие данную линию пересечения (для эллипса – точки большой и малой осей).

Для более точного построения линии пересечения необходимо построить еще и дополнительные (промежуточные) точки.

В данном примере точки 1 и 8 являются нижней и верхней точками. Для горизонтальной и фронтальной проекций точка 1 будет левой точкой, точка 8 – правой. Для профильной проекции точки 4 и 5 – точки границы видимости. Точки, расположенные ниже точек 4 и 5 на профильной проекции, будут видимыми, все остальные – нет.

Точки 2, 3 и 6, 7 – дополнительные, они используются для большей точности построения. Профильная проекция фигуры сечения – эллипс. Малая ось эллипса – отрезок 1-8, большая ось – отрезок 4-5.

Развертка поверхности цилиндра

Развертка поверхности цилиндра представляет собой развернутую боковую поверхность цилиндра и его оснований, совмещенных в одной плоскости (рис. 5.28).

Для ее построения проводим прямую линию, на которой откладываем отрезок, равный длине окружности основания ($2\pi R$). Из концов отрезка проводим перпендикулярные отрезки, равные высоте цилиндра, и полученные точки соединяем. К боковой поверхности цилиндра пристраиваем два основания, как показано на рис. 5.28, б.

Развертку боковой поверхности цилиндра можно выполнить приближенно, разделив окружность основания на 12 равных частей и отложив на прямой 12 хорд. Далее построение ведется, как описано выше.

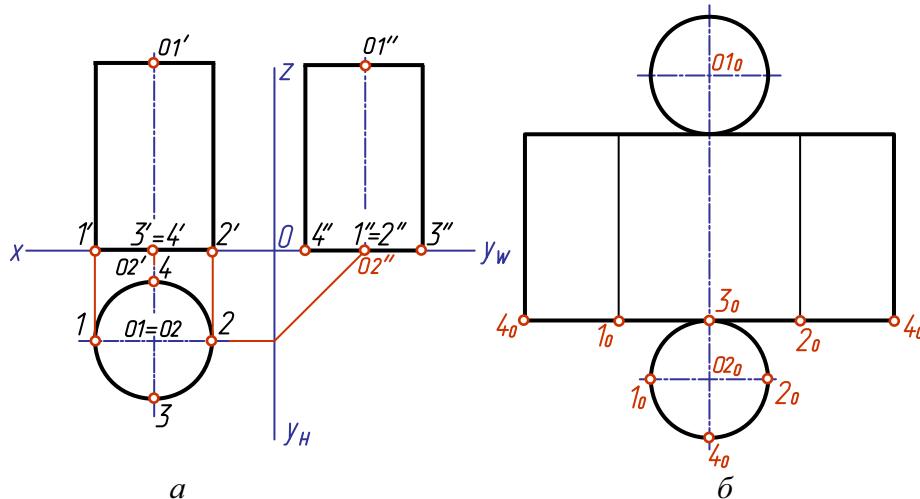


Рис. 5.28

Построение проекций линий пересечения конуса плоскостью

В зависимости от направления секущей плоскости в сечении конуса вращения могут получиться различные линии. Они называются *линиями конических сечений*.

Если секущая плоскость проходит через вершину конуса, в его сечении получается *две прямые* – образующие (треугольник) (рис. 5.29, а). В результате пересечения конуса плоскостью, перпендикулярной оси конуса, получается *окружность* (рис. 5.29, б). Если секущая плоскость наклонена к оси вращения конуса и не проходит через его вершину, в сечении конуса могут получиться эллипс, парабола или гипербола (рис. 5.29, в, г, д) – в зависимости от величины угла наклона секущей плоскости.

Эллипс получается в том случае, когда угол β наклона секущей плоскости меньше угла наклона α образующих конуса к его основанию ($0 < \beta < \alpha$), т.е. когда плоскость пересекает все образующие данного конуса (рис. 5.29, в).

Если углы α и β равны (то есть секущая плоскость параллельна одной из образующих конуса), в сечении получается *парабола* (рис. 5.29, г).

Если секущая плоскость направлена под углом, который изменяется в пределах $90^\circ \geq \beta > \alpha$, то в сечении получается *гипербола*. В этом случае секущая плоскость параллельна двум образующим конуса. Гипербола имеет две ветви, так как коническая поверхность двухполостная (рис. 5.29, д).

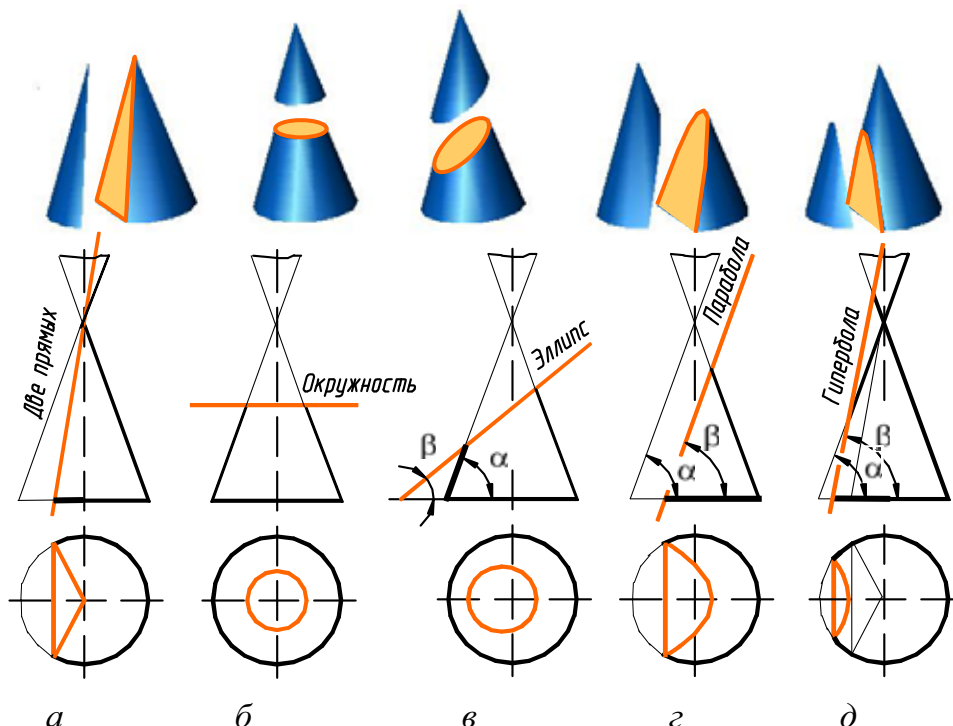


Рис. 5.29

Известно, что точка принадлежит поверхности, если она принадлежит какой-нибудь линии поверхности. Для конуса наиболее простыми линиями являются прямые (образующие) и окружности. Следовательно, если требуется найти горизонтальные проекции точек A и B , принадлежащих поверхности конуса, то нужно через точки провести одну из этих линий.

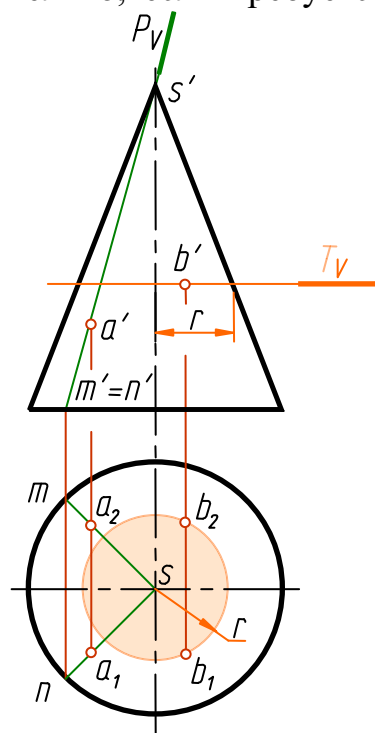


Рис. 5.30

Горизонтальную проекцию точки A найдем с помощью образующей. Для этого через точку A и вершину конуса S проведем вспомогательную фронтально - проецирующую плоскость $P(P_V)$. Эта плоскость пересекает конус по двум образующим SM и SN . Их фронтальные проекции совпадают. Строим горизонтальные проекции образующих. Затем проводим через точку a' линию связи. На пересечении линии связи и горизонтальных проекций образующих определим горизонтальную проекцию точки. Задача имеет два ответа: точки a_1 и a_2 (рис. 5.30).

Горизонтальную проекцию точки B найдем, построив окружность, на которой она лежит. Для этого через точку проведем горизон-

тальную плоскость $T(T_V)$. Плоскость пересекает конус по окружности радиуса r . Строим горизонтальную проекцию этой окружности. Через точку b' проведем линию связи до ее пересечения с окружностью. Задача также имеет два ответа – точки b_1 и b_2 .

Рассмотрим пример построения проекций линии пересечения конуса фронтально - проецирующей плоскостью $P(P_V)$. В этом случае в сечении получается эллипс (рис. 5.31).

Фронтальная проекция линии сечения совпадает с фронтальным следом плоскости P_V .

Для удобства решения задачи обозначим крайние образующие конуса и определим характерные (опорные) точки.

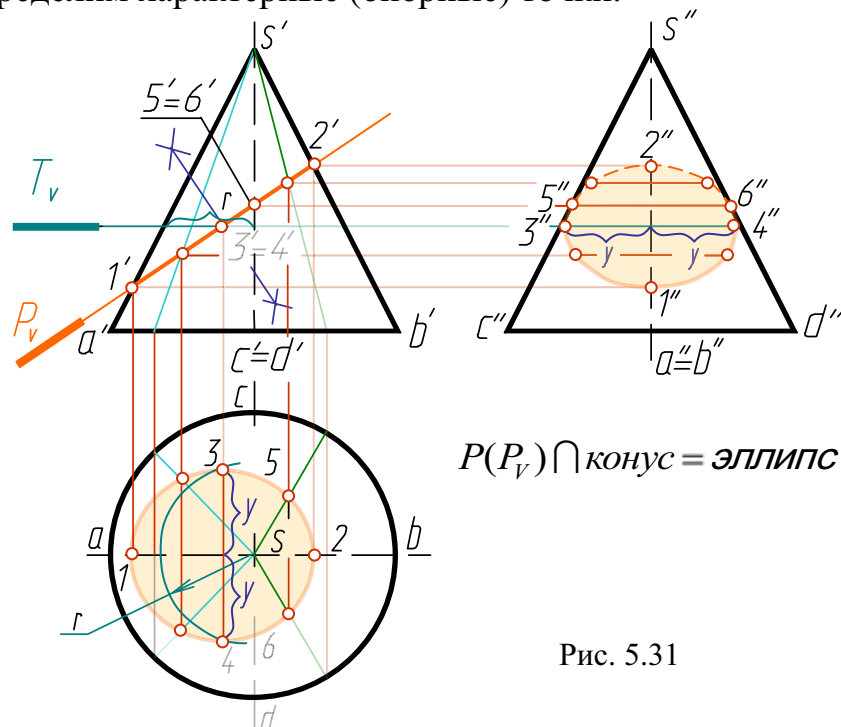


Рис. 5.31

Нижняя точка 1 лежит на образующей AS , верхняя – 2 на образующей BS . Эти точки определяют положение большой оси эллипса. Малая ось эллипса перпендикулярна большой оси. Чтобы найти малую ось, разделим отрезок 1-2 на две равные части. Точки 3 и 4 определяют малую ось эллипса. Точки 5 и 6, расположенные на образующих CS и DS , являются точками границы видимости для профильной плоскости проекций. Проекции точек 1, 2, 5 и 6 находятся на соответствующих проекциях образующих. Чтобы найти проекции точек 3 и 4, проводим дополнительную секущую плоскость $T(T_V)$. Она рассекает конус по окружности радиуса r . На этой окружности находятся проекции данных точек. На горизонтальную плоскость проекций окружность проецируется в натуральную величину. Проведя линию связи, находим горизонтальные

проекции точек 3 и 4. Профильные проекции находим, отложив на линии связи от оси конуса у координаты точек 3 и 4 (рис. 5.31).

Для точного построения эллипса недостаточно перечисленных точек. Поэтому необходимо определить дополнительные (случайные точки). Проекции этих точек находим аналогично точкам 3 и 4. Их можно найти также проводя через эти точки образующие. Найдя проекции всех точек, соединяем их. Определяем видимость. На горизонтальной плоскости все точки, лежащие на поверхности конуса, видимы. На профильной – точки 5, 3, 1, 4, 6 видимы, остальные – нет.

Развертка поверхности конуса

Развертка боковой поверхности конуса представляет собой круговой сектор, у которого радиус равен длине образующей конуса, а длина дуги сектора равна длине окружности основания конуса. Если радиус окружности основания обозначить буквой R , длину образующей боковой поверхности – L , то угол сектора α можно определить по формуле $\alpha = 360^\circ \times R/L$. На рис. 5.32 показано построение развертки поверхности конуса. Сначала проводим дугу радиусом, равным длине образующей (L), которую берем с фронтальной или профильной проекции крайних образующих, потому что на эти плоскости проекций крайние образующие проецируются без искажения, так как они располагаются параллельно плоскостям проекций. Затем строим угол α , который определяем по приведенной выше формуле. Получаем сектор, являющийся развернутой боковой поверхностью конуса. К любой точке дуги сектора пристраиваем основание конуса.

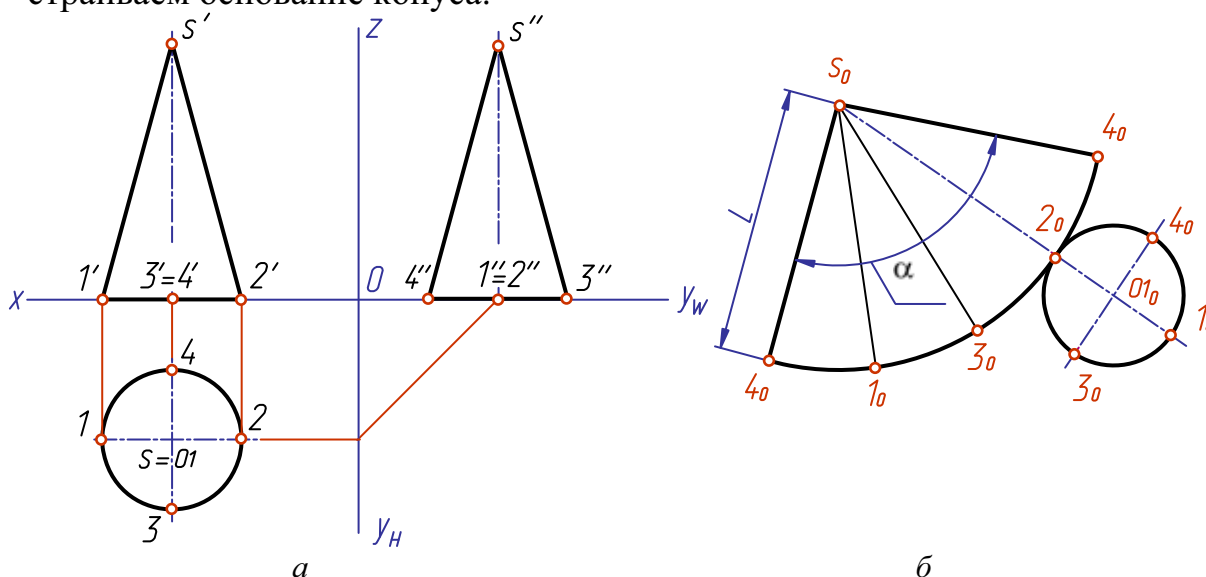


Рис. 5.32

Развертку боковой поверхности конуса можно выполнить приближенно, разделив окружность основания на 12 равных частей и отложив по дуге радиуса 12 хорд. Далее построение ведется, как описано выше.

Шаровая поверхность

Шаровой поверхностью (или сферой) называется поверхность, образованная при вращении окружности вокруг своего диаметра.

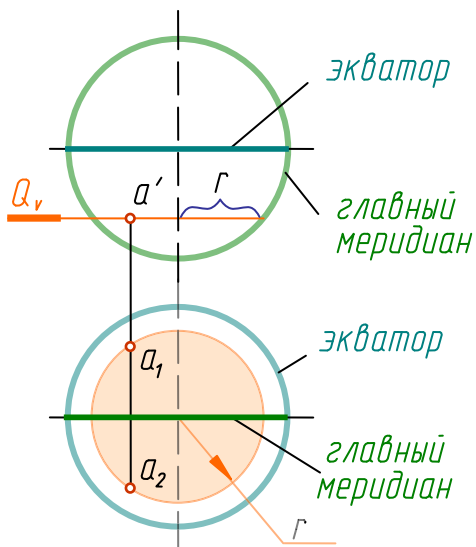


Рис. 5.33

Если шаровая поверхность пересекается плоскостью, то в сечении всегда получается окружность. Эта окружность может спроецироваться:

- в прямую, если секущая плоскость перпендикулярна плоскости проекций;
- в окружность, если секущая плоскость параллельна плоскости проекций. Например, окружность с радиусом r , равным расстоянию от оси вращения шара до очерка (рис. 5.33);
- в эллипс, если секущая плоскость не параллельна плоскости проекций.

Чтобы построить проекции точки, лежащей на поверхности шара, необходимо через нее провести секущую плоскость, параллельную плоскости проекций, затем построить окружность, на которой находится эта точка.

Пересечение шаровой поверхности плоскостью

Пересечем поверхность шара фронтально-проецирующей плоскостью Q (рис. 5.34). Построение начинаем с определения характерных точек. Точки 1 и 2 находятся на главном меридиане. Эти точки – концы малой оси эллипса, а также это самая высокая и самая низкая точки. Их горизонтальные и профильные проекции строим по фронтальным проекциям. Точки 3 и 4 находятся на профильном меридиане и определяют видимость на профильной плоскости проекций. Горизонтальные проекции точек находим по профильным проекциям. Точки 5 и 6 находятся на экваторе и являются точками границы видимости на горизонтальной проекции. Профильные проекции точек находим по горизонтальным проекциям. Точки 7 и 8 принадлежат концам большой оси эллипса. Они строятся следующим образом. Сначала нужно найти фронтальную про-

екцию точки o' . Она находится в середине отрезка $1'-2'$ и является центром окружности сечения. Затем строится ее горизонтальная проекция-

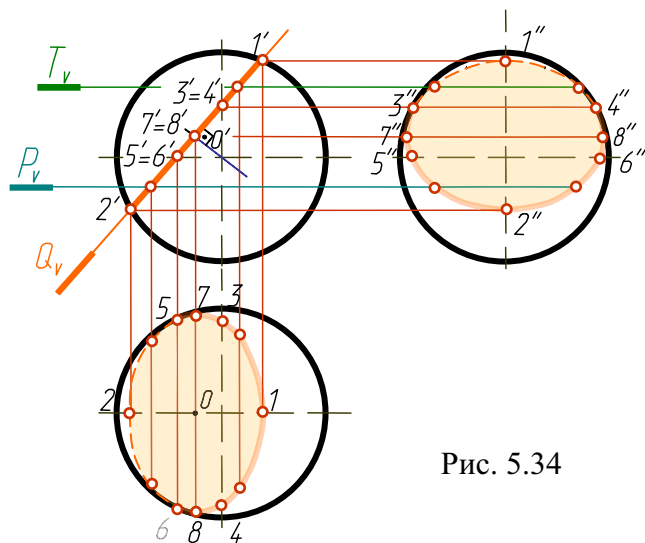


Рис. 5.34

точка o . Отрезки $o'1'$ и $o'2'$ на фронтальной проекции равны истинной величине радиуса этой окружности. На горизонтальной проекции диаметр окружности изображается без искажения. Поэтому откладываем отрезки $o7$ и $o8$, равные $o'1'$. Для точного построения линии сечения необходимо найти несколько дополнительных точек. Для их построения используем

вспомогательные секущие плоскости, как показано на рис. 5.33. Полученные точки соединяем плавной кривой с учетом ее видимости.

Развертка поверхности шара

Сферическая поверхность относится к неразвертываемым поверхностям, и поэтому развертка поверхности шара может быть выполнена только приближенными способами. Рассмотрим один из способов выполнения развертки шара.

Для выполнения развертки поверхности шара поверхность делят меридианами на равные части. На рис. 5.35, *а* шар разделен на 12 равных частей. Представим себе, что все 12 частей поверхности шара отогнуты от полюсов и поставлены в вертикальное положение. Сферическая поверхность условно развернется как цилиндрическая поверхность, состоящая из 12 вертикально расположенных секций. Если эти секции разместить в одной плоскости, то получится приближенная развертка поверхности шара, рис. 5.35, *б*.

Для построения 12 меридианов очерковые окружности шара на горизонтальной и фронтальной проекциях делят на 12 равных частей. На горизонтальной проекции меридианы спроецируются в отрезки, проходящие через центр проекции шара. Фронтальные проекции этих меридианов будут кривыми, и их строят с помощью параллелей, проведенных через точки деления фронтального меридиана.

Для построения развертки достаточно знать размеры одной секции. На рис. 5.35, *а* выделена одна такая секция, на проекциях которой отмечены точки пересечения двух меридианов, являющихся ее сторонами, с параллелями. Так как экватор делит секцию на две одинаковые

части (верхнюю и нижнюю). То точки взяты только на той части секции, которая расположена выше экватора.

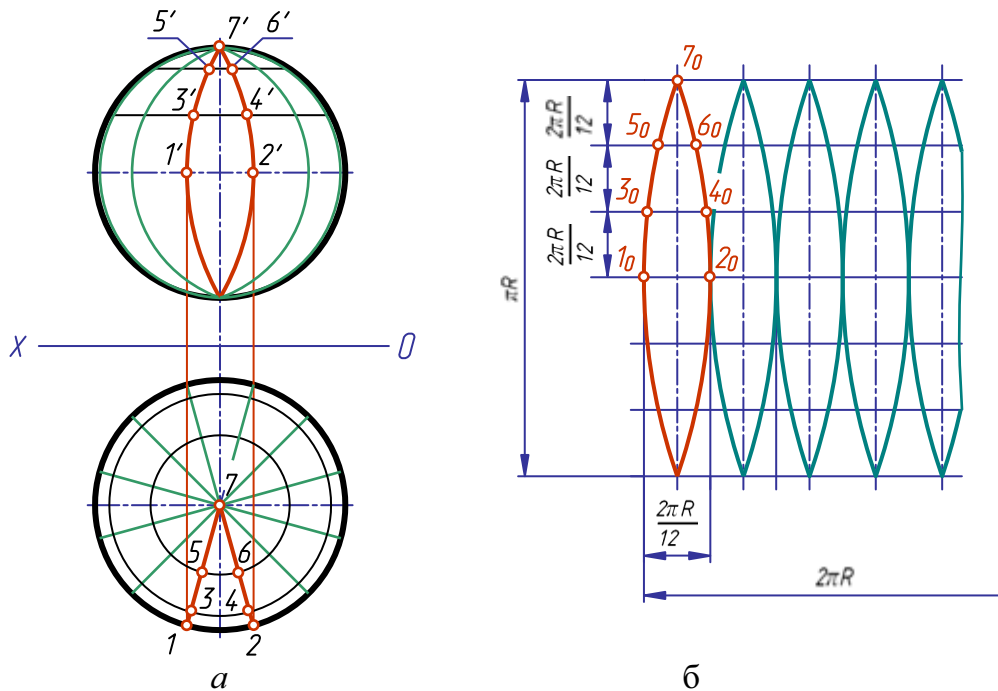


Рис. 5.35

Самый широкий участок секции расположен по экватору. Его ширина равна $2\pi R/12$, то есть $1/12$ части экватора. Длина выпрямленной секции равна πR , то есть длине половины развернутого меридиана.

При развертке поверхности шара экватор развернется в отрезок, длина которого будет равна $2\pi R$. Построение начинают с проведения прямой, на которой откладывают 12 отрезков, равных $2\pi R/12$. На рис. 5.35, б показано построение только части развертки поверхности шара, так как все секции одинаковы.

Через середину построенных отрезков проводят оси симметрии перпендикулярно экватору. Затем вверх и вниз от экватора откладывают длину развернутых участков меридианов, заключенных между параллелями. Их длина равна $2\pi R/12$. Через полученные точки параллельно экватору проводят прямые линии, на которых откладывают отрезки развернутых параллелей ($3_0 4_0$, $5_0 6_0$). Эти отрезки равны $1/12$ длины окружности, в которую проецируется соответствующая параллель на горизонтальной проекции. Построенные точки соединяют плавной кривой линией и обводят по лекалу.

Эту же развертку можно выполнить, заменяя развернутые дуги хордами, измеренными на ортогональных проекциях.

5.7. Винтовые поверхности

Винтовой поверхностью называется поверхность, которая описывается какой-либо линией (образующей) при ее винтовом движении.

Если образующей винтовой поверхности является прямая линия, то поверхность называется *линейчатой винтовой поверхностью* или *геликоидом* (от франц. *helic* – спираль, винтовая линия). Геликоид называется прямым или наклонным в зависимости от того, перпендикулярна образующая оси геликоида или наклонна.

Рассмотрим некоторые виды линейчатых винтовых поверхностей.

1. *Прямой геликоид* образуется движением прямолинейной образующей l по двум направляющим. Одна из направляющих является цилиндрической винтовой линией m , а другая – ее осью II . Причем во всех своих положениях образующая l параллельна плоскости, которая называется плоскостью параллелизма, перпендикулярной оси II . Обычно за плоскость параллелизма принимают одну из плоскостей проекций (рис.5.36). У прямого геликоида образующая l пересекает ось II под прямым углом. Прямой геликоид относится к числу коноидов и называется *винтовым коноидом*.

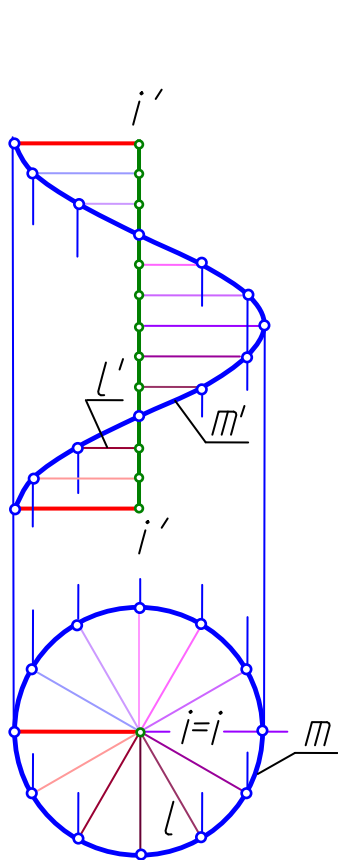


Рис. 5.36

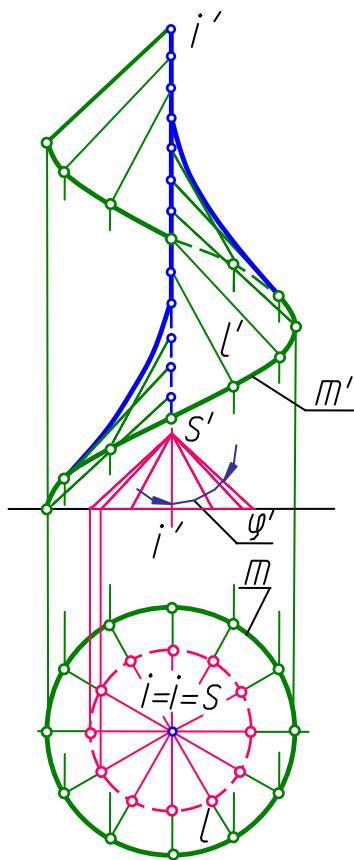


Рис. 5.37

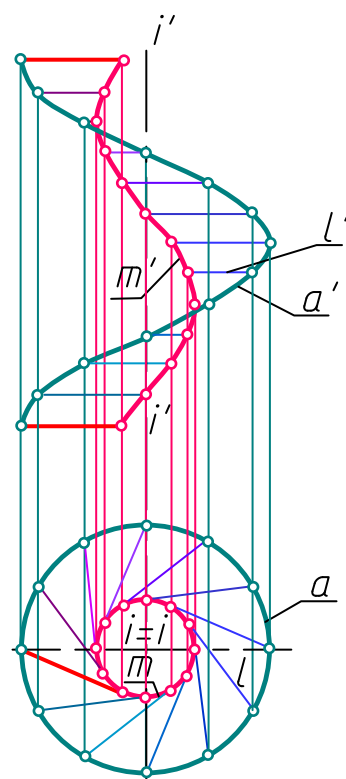


Рис. 5.38

2. *Наклонный геликоид* отличается от прямого геликоида тем, что его образующая l пересекает ось геликоида под постоянным углом α . Этот угол не равен прямому углу. Образующая l наклонного геликоида движется по двум направляющим. Одна из направляющих является цилиндрической винтовой линией m , а другая – ее осью II . Причем во всех своих положениях образующая l параллельна образующим некоторого конуса вращения. У этого конуса угол между образующей и осью, параллельной оси геликоида, равен φ . Он называется *направляющим конусом наклонного геликоида*.

На рис. 5.37 показано построение проекций наклонного геликоида. Его направляющими являются цилиндрическая винтовая линия m и ее ось II . Образующие геликоида параллельны соответствующим образующим направляющего конуса.

3. *Развертывающийся геликоид* образуется движением прямолинейной образующей l , касающейся во всех своих положениях цилиндрической винтовой линии m . Она является ребром возврата геликоида (рис. 5.38). Развертывающийся геликоид, как линейчатая поверхность с ребром возврата, относится к числу торсов.

На рис. 5.38 поверхность развертывающегося геликоида ограничена ребром возврата m и линией a от пересечения геликоида с поверхностью соосного цилиндра большего диаметра, чем диаметр винтовой линии m .

Если образующая l пересекается с осью поверхности, геликоид называется *закрытым* (рис. 5.36 и 5.37). Если образующая l не пересекается с осью поверхности, геликоид называется *открытым* (рис. 5.38).

5.8. Взаимное пересечение поверхностей

Линия пересечения двух поверхностей – это геометрическое место точек, принадлежащих одновременно обеим поверхностям.

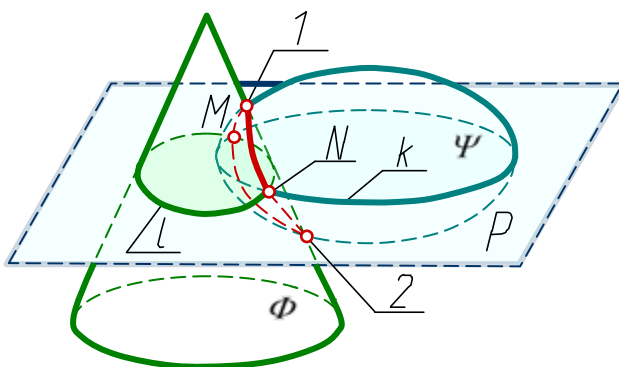


Рис. 5.39

Общим способом построения точек, принадлежащих кривой взаимного пересечения поверхностей, является способ вспомогательных поверхностей-посредников. Этот способ заключается в следующем.

Пусть даны некоторые взаимно пересекающиеся поверхности Φ и Ψ (рис. 5.39).

Введем плоскость-посредник P , которая пересечет поверхности по линиям l и k . Пересечение линий даст точки M и N , принадлежащие кривой пересечения. Применяя ряд посредников, получаем семейство точек линии пересечения.

В качестве посредников наиболее часто применяют плоскости и шаровые поверхности – сферы. В зависимости от вида поверхностей посредников можно выделить следующие способы построения линии пересечения двух поверхностей:

- а) способ вспомогательных секущих плоскостей;
- б) способ вспомогательных сфер.

При построении линии взаимного пересечения поверхностей необходимо сначала строить опорные точки кривой. Эти точки дают пределы линии пересечения. Между ними и следует определять промежуточные (случайные) точки.

Способ вспомогательных секущих плоскостей

Рассмотрим применение вспомогательных секущих плоскостей на примере построения линии пересечения сферы с конусом вращения (рис. 5.40).

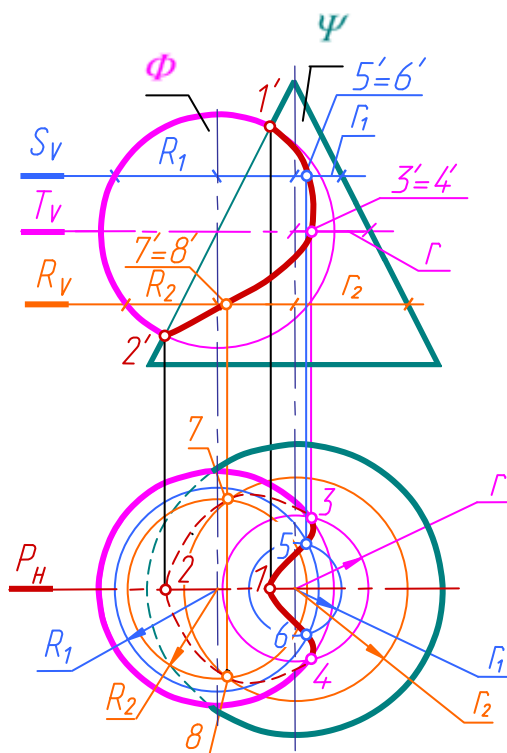


Рис. 5.40

Для построения линии пересечения заданных поверхностей в качестве вспомогательных плоскостей необходимо использовать фронтальную плоскость P и ряд горизонтальных плоскостей (S, T, R).

Построение начинаем с определения проекций характерных точек. Проводим фронтальную плоскость $P(P_H)$. Эта плоскость пересекает поверхности по очеркам. Фронтальные проекции высшей и низшей точек ($1'$ и $2'$) находим как точки пересечения очерков. Горизонтальные проекции 1 и 2 определяем, проведя линии связи.

Вспомогательные горизонтальные плоскости пересекают сферу и конус по окружностям.

Проекция $3'$ и $4'$ точек, лежащих на экваторе сферы, находим с помощью горизонтальной плоскости $T(T_V)$. Она проходит через центр сферы. Плоскость пересекает сферу по экватору и конус по окружности радиуса r . В пересечении горизонтальных проекций этих линий и находим горизонтальные проекции 3 и 4 . Горизонтальные проекции точек 3 и 4 являются точками границы видимости линии пересечения на этой проекции. Промежуточные точки (точки $5, 6, 7, 8$) находим с помощью вспомогательных горизонтальных плоскостей $S(S_V)$ и $R(R_V)$. Полученные точки соединим плавной кривой линией с учетом видимости.

Способ вспомогательных сфер

Этот способ широко используется при решении задач на построение линий пересечения поверхностей вращения с пересекающимися осями.

Прежде чем перейти к рассмотрению этого способа, рассмотрим частный случай пересечения поверхностей вращения, у которых оси совпадают. Такие поверхности называются *соосными поверхностями вращения*.

Линия пересечения соосных поверхностей – окружность, плоскость которой перпендикулярна оси поверхностей вращения. При этом, если ось поверхностей вращения параллельна плоскости проекций, то линия пересечения на эту плоскость проецируется в отрезок прямой линии (рис. 5.41).

Это свойство используют для построения линии взаимного пересечения двух поверхностей вращения с помощью вспомогательных сфер. При этом могут быть использованы концентрические (построенные из одного центра) и эксцентрические (проведенные из разных центров) сферы. Рассмотрим применение вспомогательных концентрических сфер – сфер с постоянным центром.

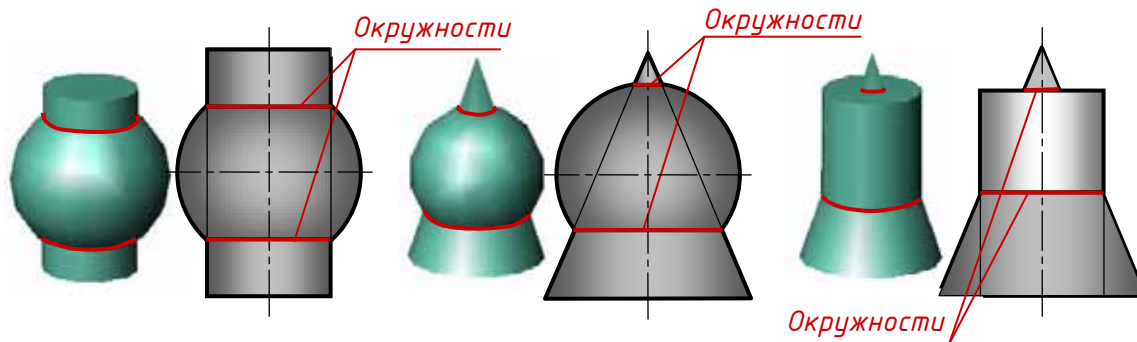


Рис. 5.41

Следует отметить, что если плоскость осей поверхностей вращения не параллельна плоскости проекций, то окружности, по которым пересекаются поверхности, будут проецироваться в эллипсы, а это усложняет решение задачи. Поэтому способ вспомогательных сфер следует применять при следующих условиях:

- а) пересекающиеся поверхности должны быть поверхностями вращения;
- б) оси этих поверхностей должны пересекаться, точку пересечения принимают за центр вспомогательных сфер;
- в) плоскость, образованная осями поверхностей (плоскость симметрии), должна быть параллельна одной из плоскостей проекций.

Используя этот способ, можно построить линию пересечения поверхностей на одной проекции.

Рассмотрим пример построения линии пересечения цилиндра и конуса вращения (рис. 5.42).

Точки 1, 2, 3, 4 определяются как точки пересечения контурных образующих поверхностей, принадлежащие плоскости пересечения осей (плоскости симметрии $P(P_H)$). Остальные точки находим способом вспомогательных сфер.

Из точки пересечения осей данных поверхностей (точки O') построим вспомогательную сферу произвольного радиуса. Эта сфера будет одновременно соосна конусу и цилиндру и пересечет их по окружностям. Плоскости этих окружностей перпендикулярны соответствующим осям вращения. Фронтальные проекции этих окружностей – отрезки прямых. Проведенная сфера пересекает конус по окружности диаметра $AB(a'b')$, а цилиндр – по окружностям $CD(c'd')$ и $EF(e'f')$. В пересечении окружности AB с окружностями CD и EF получаем соответственно точки 9-10 и 11-12, принадлежащие линии пересечения.

Таким образом, можно построить достаточное количество точек искомой линии пересечения. При этом нужно иметь в виду, что не все

сферы могут быть использованы для решения задачи. Рассмотрим предельные границы вспомогательных сфер.

Радиус максимальной секущей сферы будет равен расстоянию от центра o' до самой удаленной точки пересечения контурных образующих (от точки o' до точек $2'$ и $4'$). Минимальной секущей сферой должна быть такая сфера, которая касалась бы одной поверхности (большой) и пересекала вторую (меньшую). В данном примере минимальная сфера касается поверхности конуса по окружности $MN(m'n')$ и пересекает цилиндр по окружностям $KL(k'l')$ и $ST(s't')$. Пересекаясь между собой, окружности MN и KL дают точки линии пересечения 5 ($5'$) и 6 ($6'$), а окружности MN и ST – точки 7 ($7'$) и 8 ($8'$). Это самые глубокие точки линии пересечения.

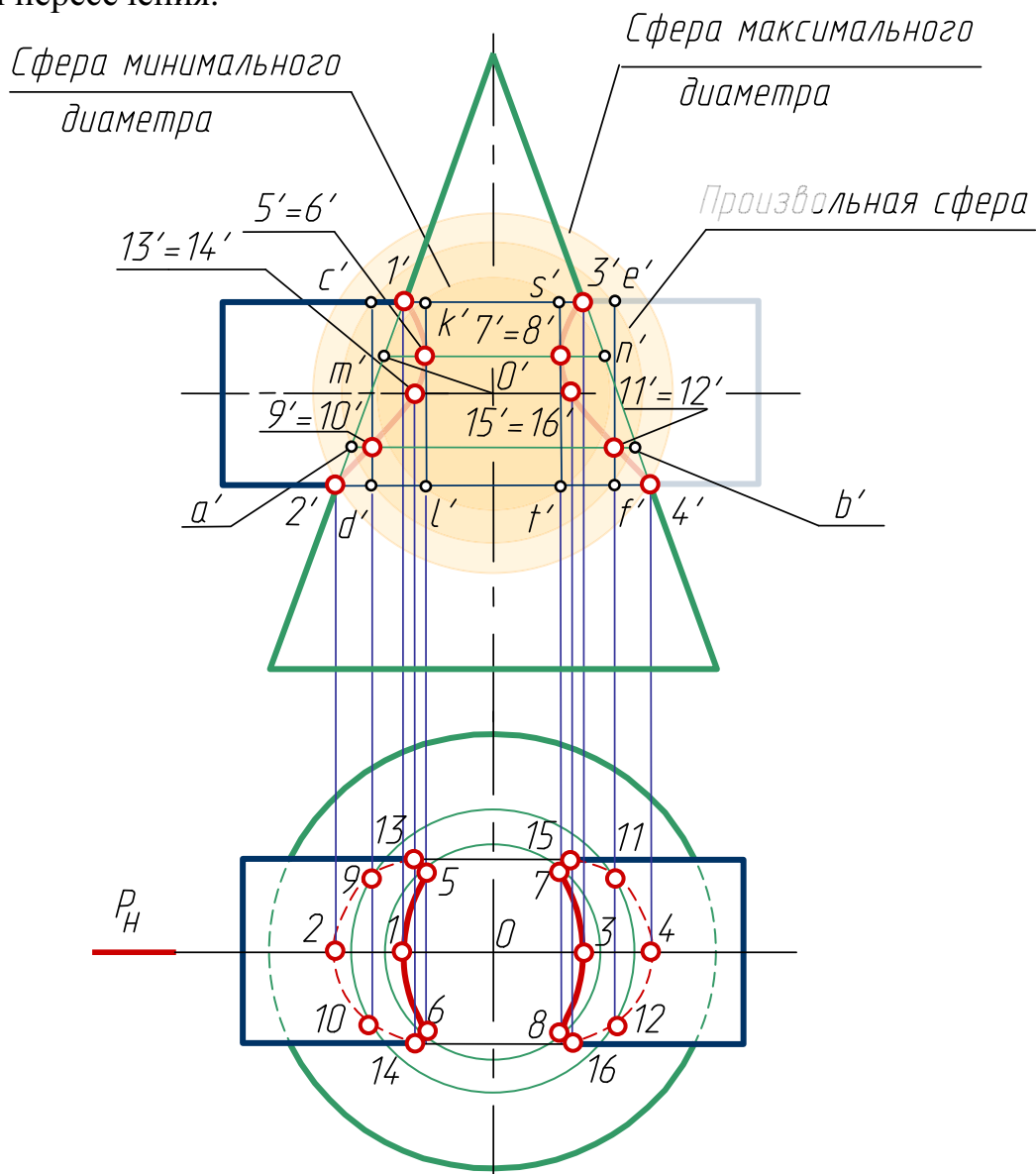


Рис. 5.42

Для точности решения между максимальной и минимальной сферами необходимо построить дополнительные (промежуточные) сферы:

$$R_{\max} > R_{\text{пром}} > R_{\min}$$

Если дополнительная сфера пересекает только одну данную поверхность, то такая сфера для решения задачи непригодна.

Для построения второй проекции линии пересечения можно использовать окружности, полученные от сечения конуса вспомогательными сферами. Можно также построить дополнительные сечения поверхности. Точки 13-14 и 15-16, лежащие на контурных образующих цилиндра, являются точками границы видимости линии пересечения на горизонтальной проекции.

Возможные случаи пересечения криволинейных поверхностей

Существуют четыре варианта пересечения двух поверхностей.

1. *Пронизание*. Все образующие первой поверхности (цилиндра) пересекаются со второй поверхностью, но не все образующие второй поверхности пересекаются с первой. В этом случае линия пересечения поверхностей распадается на две замкнутые кривые линии (рис. 5.43).

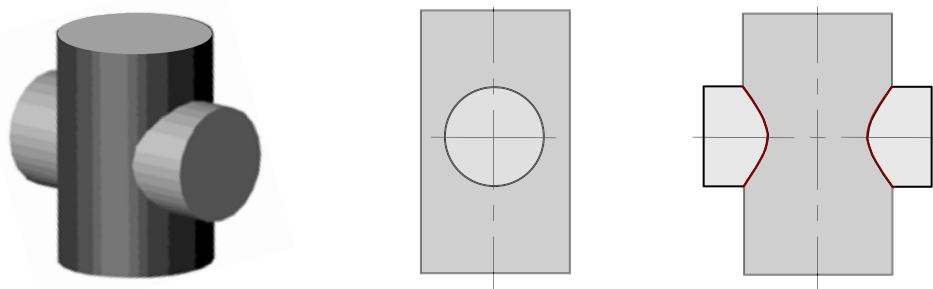


Рис. 5.43

2. *Врезание*. Не все образующие той и другой поверхности пересекаются между собой. В этом случае линия пересечения – одна замкнутая кривая линия (рис. 5.44).

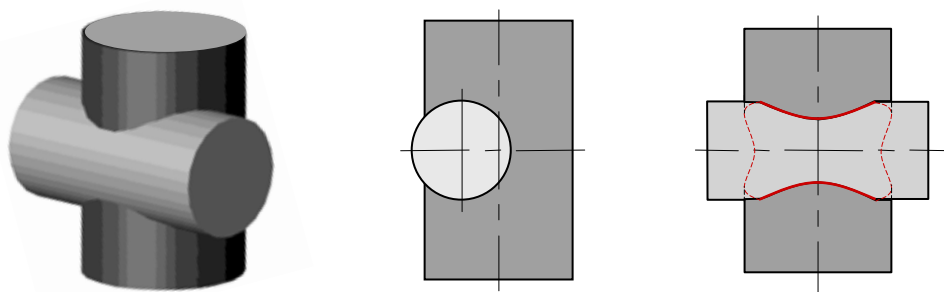


Рис. 5.44

3. *Одностороннее касание.* Все образующие одной поверхности пересекаются со второй, но не все образующие второй поверхности пересекаются с первой. Поверхности имеют в одной точке (точка K на рис. 5.45) общую плоскость касания. Линия пересечения распадается на две замкнутые кривые линии, пересекающиеся в точке касания.

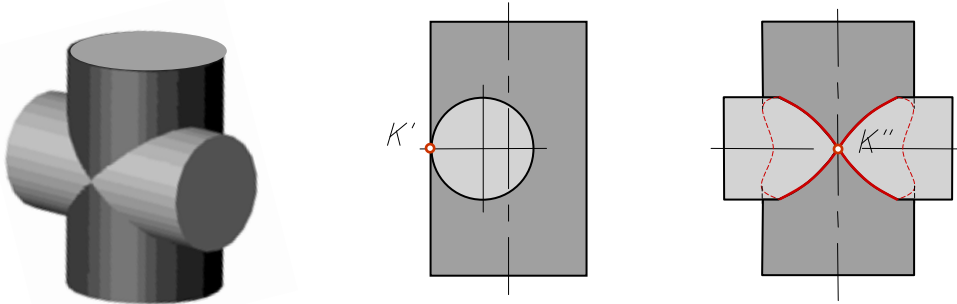


Рис. 5.45

4. *Двойное касание.* Все образующие обеих поверхностей пересекаются между собой. Пересекающиеся поверхности имеют две общие касательные плоскости. В этом случае линия пересечения распадается на две плоские кривые, которые пересекаются в точках касания (рис. 5.46).

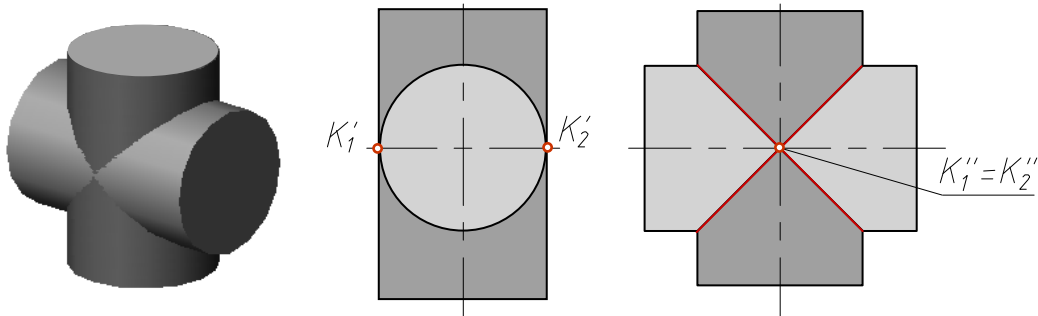


Рис. 5.46

Пересечение поверхностей второго порядка

В общем случае две поверхности второго порядка пересекаются по пространственной кривой четвертого порядка. Следует отметить, что при некоторых особых положениях относительно друг друга поверхности второго порядка могут пересекаться по плоским кривым второго порядка, то есть пространственная кривая пересечения распадается на две плоские кривые.

Теорема о двойном касании. Если две поверхности второго порядка имеют две общие точки (точки касания), то линия их взаимного пересечения распадается на две плоские кривые второго порядка. Причем плоскости этих кривых пройдут через прямую, соединяющую точки касания.

На рис. 5.47 показано построение линии пересечения поверхностей прямого кругового цилиндра и эллиптического конуса. Линии пересечения – эллипсы – лежат в профильно-проецирующих плоскостях S и T , проходящих через прямую KK_1 , соединяющую точки касания.

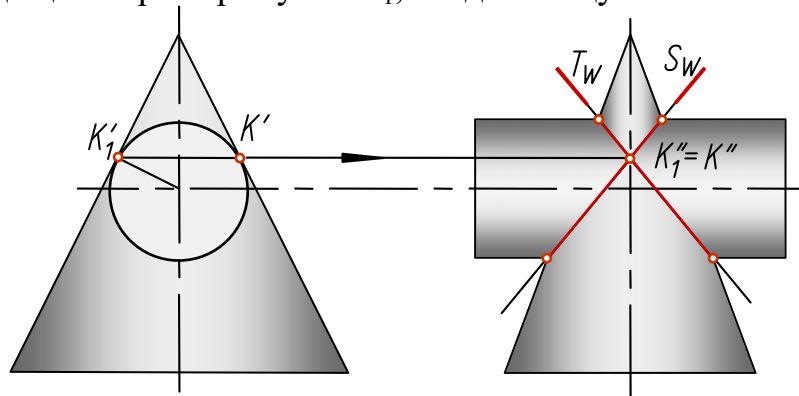


Рис. 5.47

Теорема Монжа. Если две поверхности второго порядка описаны около третьей поверхности второго порядка или вписаны в нее, то линия их взаимного пересечения распадается на две плоские кривые. Плоскости этих кривых пройдут через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания.

Если оси пересекающихся поверхностей вращения параллельны какой – либо плоскости проекций, то на эту плоскость кривые линии проецируются в прямые.

На рис. 5.48 – 5.50 приведены примеры построения линий пересечения поверхностей на основании теоремы Монжа, где два цилиндра, цилиндр и конус и два конуса описаны вокруг сферы, а на рис. 5.51 приведен пример построения линии пересечения двух сжатых эллипсоидов вращения, вписанных в сферу.

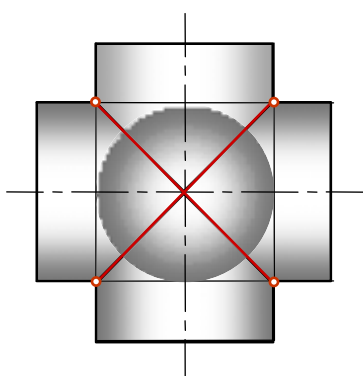


Рис. 5.48

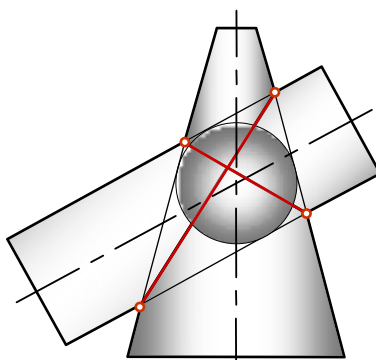


Рис. 5.49

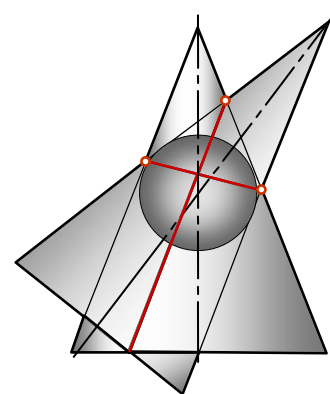


Рис. 5.50

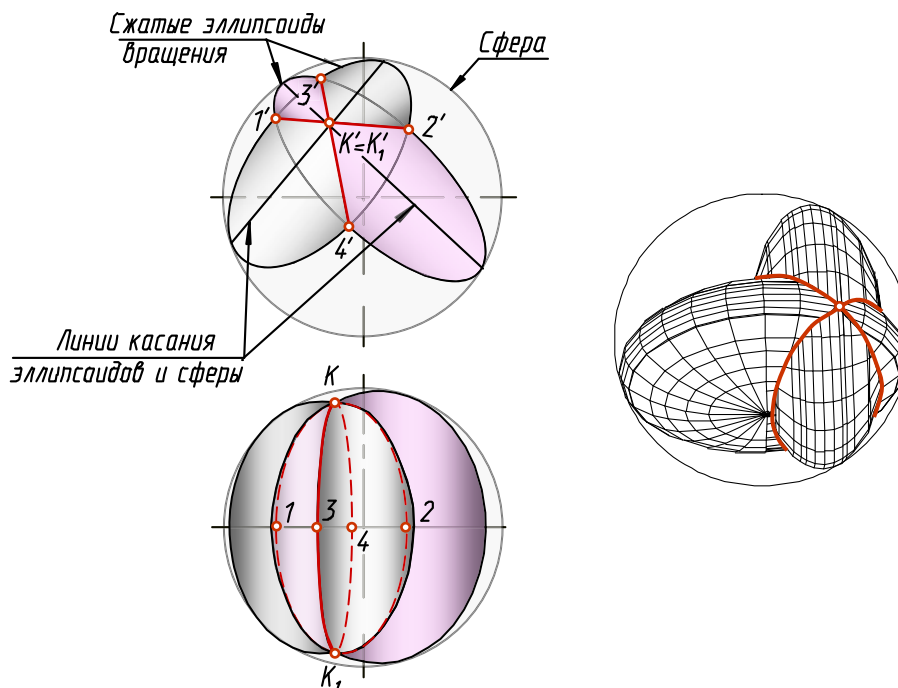


Рис. 5.51

Вопросы для самоконтроля

1. Что означает «задать поверхность на чертеже»?
2. Какие поверхности называются линейчатыми?
3. Чем отличаются многогранные поверхности от многогранников?
4. При каком условии точка принадлежит поверхности?
5. Как образуются поверхности вращения?
6. Какие линии на поверхности вращения называют параллелями и меридианами?
7. Как образуются поверхности геликоидов?
8. Какие линии получаются при пересечении цилиндра вращения плоскостями?
9. Какие линии получаются при пересечении конуса вращения плоскостями?
10. Как необходимо провести секущую плоскость, чтобы в сечении тора была окружность?
11. В чем заключается общий способ построения линии пересечения поверхностей?
12. В каких случаях для построения линии пересечения поверхностей применяют в качестве посредников проецирующие плоскости, в каких – сферы?
13. Какие точки линии пересечения называют характерными (опорными) точками?

Глава 6

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Комплексный чертеж является графически простым и удобно измеряемым. Но по нему не всегда легко представить предмет в пространстве. Необходим чертеж, дающий и наглядное представление. Он может быть получен при проецировании предмета вместе с осями координат на одну плоскость. В этом случае на одной проекции можно получить наглядное и метрически определенное изображение. Такие виды изображений называют *аксонометрическими проекциями*.

6.1. Способ аксонометрического проецирования.

Коэффициенты искажения

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что фигура вместе с осями прямоугольных координат (к которым она отнесена в пространстве) проецируется на некоторую плоскость. Эту плоскость называют *плоскостью аксонометрических проекций, или картинной плоскостью*.

В зависимости от удаления центра проецирования от картинной плоскости аксонометрические проекции разделяют на *центральные*, когда центр проецирования находится на конечном расстоянии от картинной плоскости, и *параллельные*, когда центр проецирования находится в бесконечности.

В дальнейшем мы будем рассматривать только параллельное аксонометрическое проецирование.

Слово «*аксонометрия*» (от гр. *axo*n – ось и *metreo* – измеряю) переводится как «измерение по осям». Аксонометрическое изображение дает возможность производить измерение изображаемого объекта по координатным осям x , y , z и по направлениям, им параллельным.

Построим аксонометрическую проекцию точки A , отнесенной к трем взаимно перпендикулярным плоскостям проекций (рис. 6.1).

Оси координат x , y , z называют *натуральными осями координат*. Возьмем произвольный масштабный отрезок e (натуральный масштаб) и отложим его на осях, обозначив e_x , e_y , e_z ($e=e_x=e_y=e_z$).

Спроецируем на картинную плоскость Q параллельными лучами точку A вместе с проекциями a , a' , a'' , координатными осями и масштабными отрезками e_x , e_y , e_z .

Введем некоторые наименования:

Q – плоскость аксонометрических проекций (картинная плоскость);

l – направление проецирования;
 α – угол наклона направления проецирования l к плоскости аксонометрических проекций Q (картинной плоскости);
 x_1, y_1, z_1 – аксонометрические оси координат (аксонометрические оси);

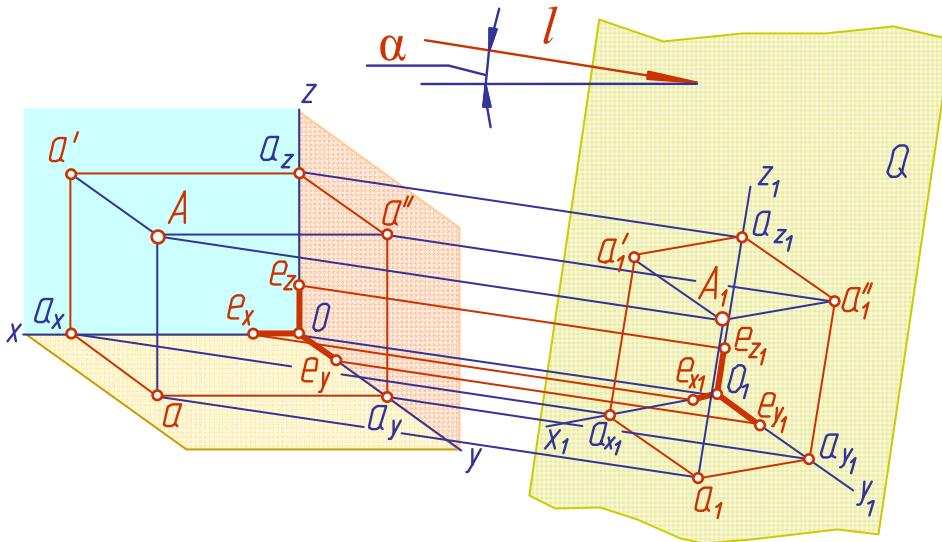


Рис. 6.1

A_1 – аксонометрическая проекция точки A ;
 a_1, a_1', a_1'' – вторичные проекции точки A ;
 e_x, e_y, e_z – масштабные отрезки;
 e_{x1}, e_{y1}, e_{z1} – аксонометрические (вторичные) проекции масштабных отрезков.

В зависимости от положения плоскостей проекций H, V, W , плоскости аксонометрических проекций Q и направления проецирования l координаты точки будут проецироваться с различными искажениями.

Отношение длины аксонометрической проекции масштабного отрезка к его истинной величине называется *коэффициентом искажения по оси*.

Обозначим эти коэффициенты:

$$\text{по оси } x \quad m = \frac{e_{x1}}{e_x}, \quad \text{по оси } y \quad n = \frac{e_{y1}}{e_y}, \quad \text{по оси } z \quad k = \frac{e_{z1}}{e_z}.$$

В зависимости от соотношения между коэффициентами искажения по осям различают следующие аксонометрические проекции:

1. Изометрические, если $m = n = k$.

2. Диметрические, если $m = k \neq n$ или $m = n \neq k$.

3. Триметрические, если $m \neq n \neq k$.

Наименование проекций произошло от древнегреческих слов: «*isos*» – одинаковый (изометрическая проекция – проекция с одинаковыми коэффициентами искажения по всем трем осям); «*di*» – двойной (диметрическая проекция – проекция с одинаковыми коэффициентами искажения по двум осям); «*treis*» – три (триметрическая проекция – проекция с разными коэффициентами искажения по всем трем осям).

В зависимости от направления проецирования по отношению к плоскости аксонометрических проекций Q аксонометрические проекции делятся на прямоугольные, если угол проецирования $\alpha = 90^\circ$, и косоугольные, если $\alpha \neq 90^\circ$.

Доказано, что сумма квадратов коэффициентов искажения удовлетворяет уравнениям:

- для косоугольной аксонометрии $-m^2+n^2+k^2=2+\operatorname{ctg}^2\alpha$;
- для прямоугольной аксонометрии $-m^2+n^2+k^2=2$.

В зависимости от положения в пространстве осей координат, плоскости аксонометрических проекций и направления проецирования можно получить множество аксонометрических проекций, отличающихся друг от друга направлением аксонометрических осей и масштабов по ним.

Занимаясь теорией аксонометрии, немецкий геометр К. Польке в 1853 году предложил и доказал для частного случая теорему, названную основной теоремой аксонометрии: «Любые три отрезка, выходящие из одной точки на плоскости, могут быть приняты за параллельные проекции трех равных и взаимно перпендикулярных отрезков в пространстве». Доказательство этой теоремы в общем виде было дано в 1864 г. другим немецким геометром Г. Шварцем. С этого времени основная теорема аксонометрии стала называться теоремой Польке - Шварца.

Из рассмотренного выше можно вывести определение аксонометрии:

Аксонометрией называется изображение предмета на плоскости, отнесенное к определенной системе координат и выполненное в определенном масштабе с учетом коэффициентов искажения.

6.2. Прямоугольная параллельная изометрия

Прямоугольную параллельную изометрию широко применяют в практике технического черчения. В прямоугольной изометрической проекции коэффициенты искажения по всем трем осям одинаковы

($m=n=k$) и равны 0,82 ($m^2+n^2+k^2=2$; $m=n=k=\sqrt{2/3}=0,82$), а аксонометрические оси x_1, y_1, z_1 образуют друг с другом углы в 120° (рис. 6.2). Однако изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют

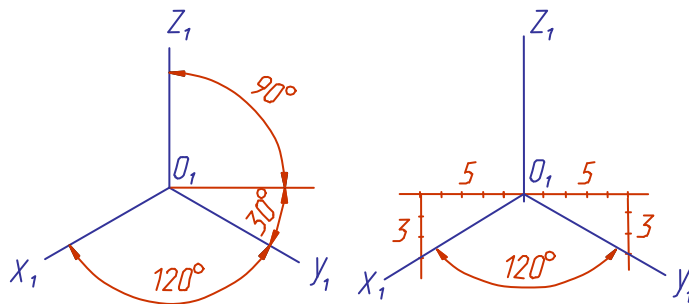


Рис. 6.2

приведенной, принимая коэффициенты искажения по осям $m=n=k=1$. При этом изображение получается увеличенным в 1,22 раза.

Ось z_1 располагают вертикально, а оси x_1 и y_1 – под углом 30° к горизонтальному направлению.

Если, например, даны ортогональные проекции точки A (рис. 6.3), то для построения изометрической проекции этой точки проводим аксонометрические оси (рис. 6.4). Далее от начала координат точки O_1 по оси x_1 откладываем отрезок o_1a_{x1} , равный координате x_A точки A . Координату x_A берем с комплексного чертежа (рис. 6.3).

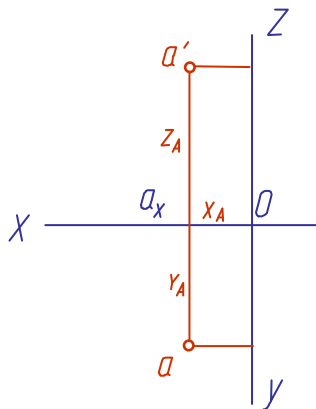


Рис. 6.3

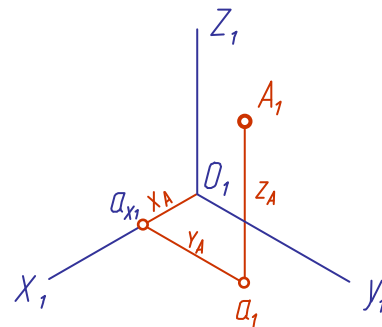


Рис. 6.4

Из точки a_{x1} проводим прямую, параллельную оси y_1 , и на ней откладываем отрезок, равный координате y_A точки A , получаем точку a_1 ; из точки a_1 проводим отрезок, параллельный оси z_1 и равный координате z_A точки A . Полученная точка A_1 – изометрическая проекция точки A .

Построение изометрии пятигранной пирамиды по ее чертежу показано на рис. 6.5. Определяем координаты всех точек основания пирамиды. Затем по координатам x и y строим изометрию пяти точек – вершин основания пирамиды. Например, для построения изометрической проекции точки A по оси x_1 от начала координат точки O_1 откладываем

отрезок, равный координате $x_A = a'd'$. Из конца отрезка проводим прямую, параллельную оси y_1 . На ней откладываем отрезок, равный второй координате точки $y_A = a'a$. Далее строим высоту пирамиды и находим точку S_1 - ее вершину. Соединяя точку S_1 с точками основания A_1, B_1, C_1, D_1, E_1 , получаем изометрию пирамиды.

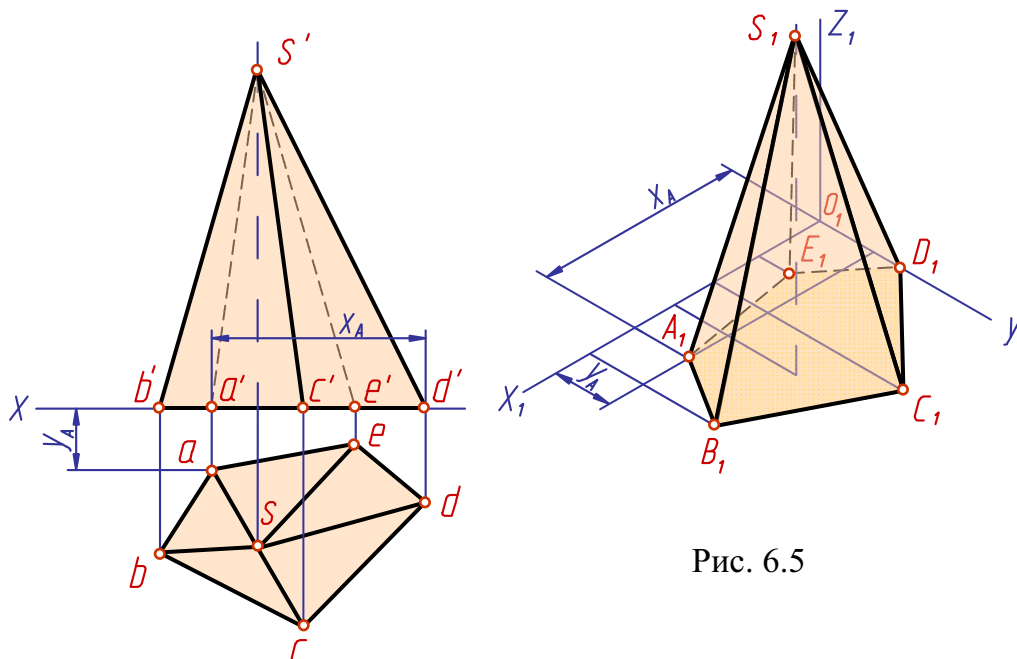


Рис. 6.5

На рис. 6.6 приведен пример построения изометрии шестигранной призмы.

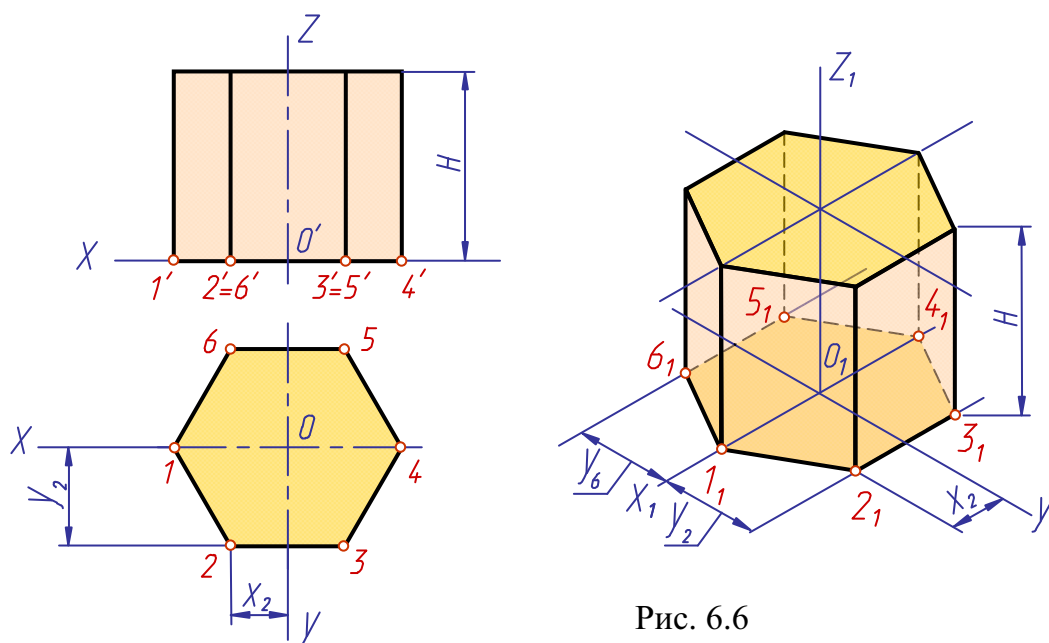


Рис. 6.6

6.3. Прямоугольная параллельная диметрия

В прямоугольной диметрии коэффициенты искажения по оси x_1 и z_1 принимают равными – $m=k$, а по оси y_1 – в два раза меньше – $n=1/2 m$.

Тогда $m^2+k^2+n^2=m^2+m^2+(1/2 m)^2=2$; $m=\sqrt{8/9}=0,94$; $n=0,47$.

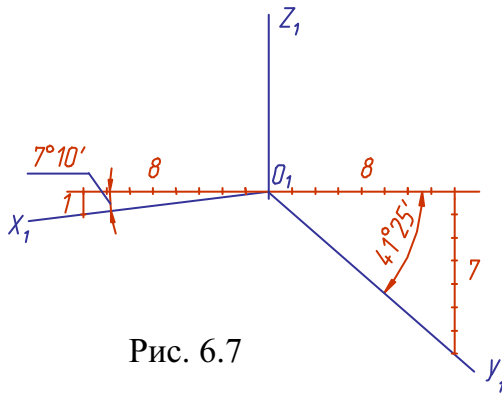


Рис. 6.7

Ось z_1 – вертикальная, ось x_1 расположена под углом $7^\circ 10'$. Ось y_1 расположена под углом $41^\circ 25'$ к горизонтальной прямой (рис. 6.7). На практике, как правило, выполняют приведенную диметрию, принимая коэффициенты искажения $m=k=1$, а $n=0,5$. В этом случае изображение увеличивается в 1,06 раза.

Если дана ортогональная проекция точки A (рис. 6.8), то для построения диметрической проекции этой точки проводим аксонометрические оси под заданными углами (рис. 6.9).

Откладываем по оси x_1 от начала координат отрезок $o_1 a_{x_1}$, равный координате x_A точки A . Из точки a_{x_1} проводим прямую, параллельную оси y_1 , и на ней откладываем отрезок, равный половине координаты y_A точки A , так как коэффициент искажения по оси y_1 равен 0,5. Из точки a_1 проводим отрезок $a_1 A_1$, равный координате z_A . Получаем точку A_1 – диметрическую проекцию точки A .

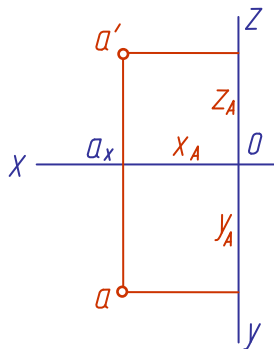


Рис. 6.8

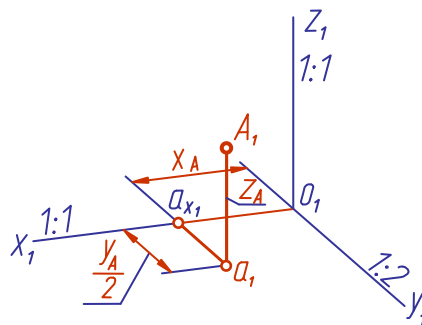


Рис. 6.9

Построение диметрии призмы с призматическим углублением (рис. 6.10) показано на рис. 6.11.

Для выявления внутренней формы детали аксонометрическая проекция выполнена с вырезом 1/4 (угол, образованный секущими плоскостями, выполняется раскрытым). Так как деталь симметрична,

начало координат (точку O) выбираем в центре призмы и строим оси x , y , z (рис. 6.10).

Аксонометрическую проекцию выполняем в следующей последовательности.

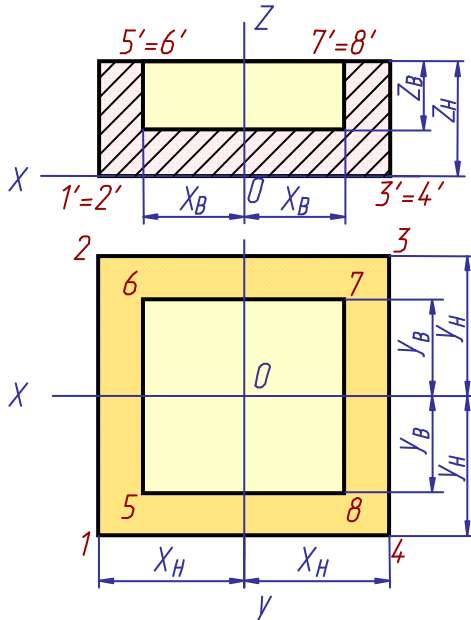


Рис. 6.10

Строим аксонометрические оси и плоские фигуры, полученные при сечении детали плоскостями xOz и yOz (рис. 6.11, а).

Обозначим вершины нижнего основания (точки 1, 2, 3, 4) и строим аксонометрические проекции точек 2, 3, 4. Строим верхнее основание призмы. Для этого проводим из полученных точек отрезки, параллельные оси z_1 . Затем откладываем на них высоту призмы z_H (рис. 6.11, б).

В верхнем основании обозначим вершины призматического отверстия (точки 5, 6, 7, 8). Строим аксонометрические проекции точек 6, 7, 8. Из этих точек проводим линии, параллельные оси z_1 , и на них откладываем z_B - глубину отверстия. Полученные точки соединяем тонкими линиями (рис. 6.11, в).

Обводим видимые линии чертежа и убираем вспомогательные построения. Проводим линии штриховки сечений (рис. 6.11, г).

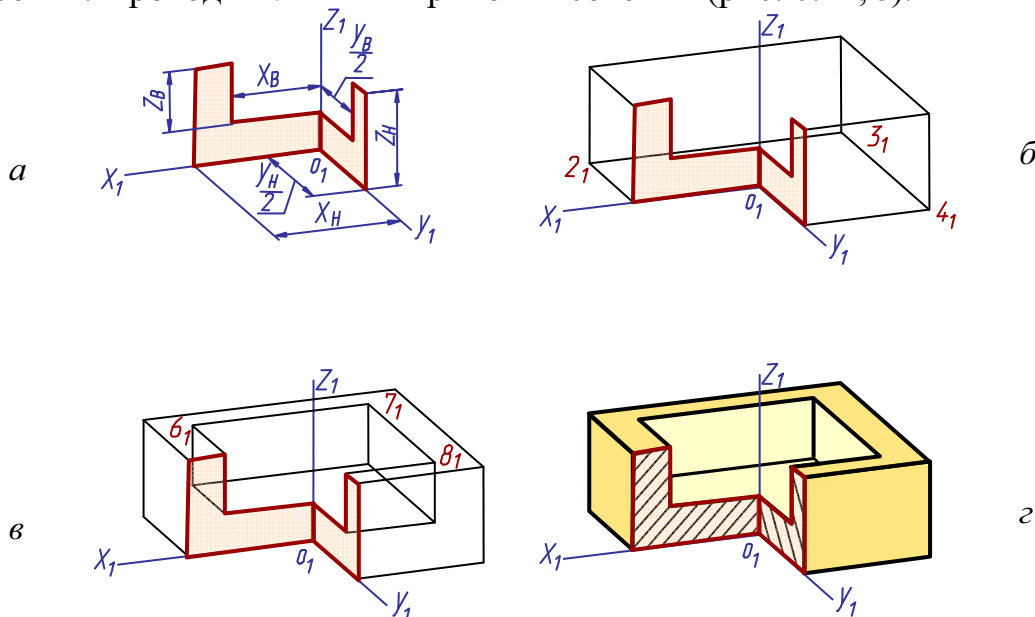


Рис. 6.11

Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях проводят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рис. 6.12 - для изометрии, рис. 6.13 - для диметрии).

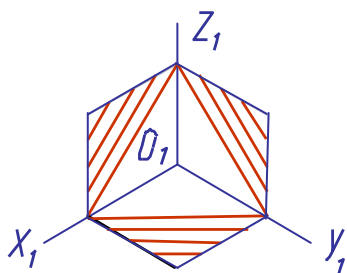


Рис. 6.12

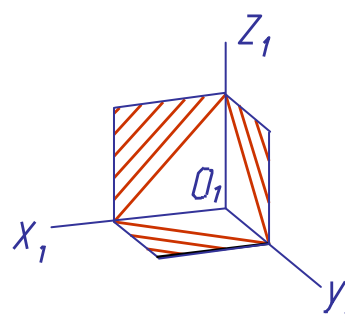


Рис. 6.13

6.4. Изображение окружности и шара в прямоугольной аксонометрии

Окружность в аксонометрии в общем случае проецируется в эллипс. При построении эллипса необходимо знать направление его осей и их размеры. Малая ось эллипса всегда должна быть перпендикулярна большой.

При построении проекции окружности, лежащей в одной из координатных плоскостей, малая ось эллипса направлена параллельно аксонометрической оси, не участвующей в образовании данной плоскости. Соответственно, большая ось эллипса ей перпендикулярна.

Изометрическая проекция окружности

При построении точной аксонометрии окружности величина большой оси эллипса равна величине диаметра этой окружности. При построении приведенной аксонометрии размеры увеличиваются в 1,22 раза. Поэтому величина большой оси эллипса составляет $1,22D$, а величина малой оси – $0,71D$. На рис. 6.14 показан графический способ определения размеров осей эллипса. Вычерчиваем окружность диаметра D , хорда $AB = 0,71D$ (величина малой оси эллипса). Приняв за центр точки A и B , радиусом, равным AB , проводим дуги до их взаимного пересечения. Полученные точки E и F соединяем прямой линией. $EF = 1,22D$ – величина большой оси эллипса.

Построим аксонометрические оси x_1, y_1, z_1 . В плоскости $x_1O_1z_1$ выбираем произвольную точку O_2 . Через нее проводим прямые параллельно осям x_1 и z_1 . На них откладываем отрезки, равные диаметру ок-

ружности. На линии, проведенной параллельно оси y_1 (направление малой оси эллипса), откладываем отрезок, равный AB (малую ось эллипса). Перпендикулярно малой оси строим большую ось эллипса, равную EF (рис. 6.15).

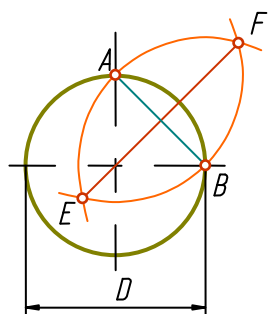


Рис. 6.14

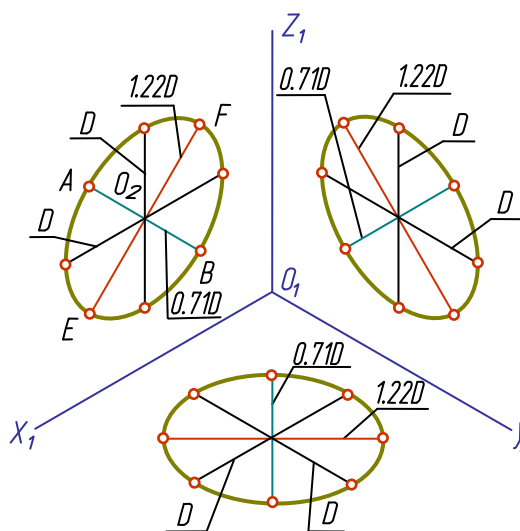


Рис. 6.15

Соединив полученные 8 точек, получим эллипс. Для построения эллипса можно использовать и другие способы.

Построение эллипсов в других плоскостях не отличается по своему характеру, меняется только направление большой и малой осей эллипса.

Диметрическая проекция окружности

В изометрии величины большой и малой осей эллипса остаются одинаковыми независимо от плоскости, в которой расположена окружность. В диметрии постоянной остается только величина большой оси, равная $1,06D$. В плоскостях горизонтальной H и профильной W малая ось эллипса составляет $0,35D$, а в плоскости фронтальной V малая ось равна $0,94D$.

Для определения величин осей эллипса графическим способом построим прямоугольный треугольник (рис. 6.16).

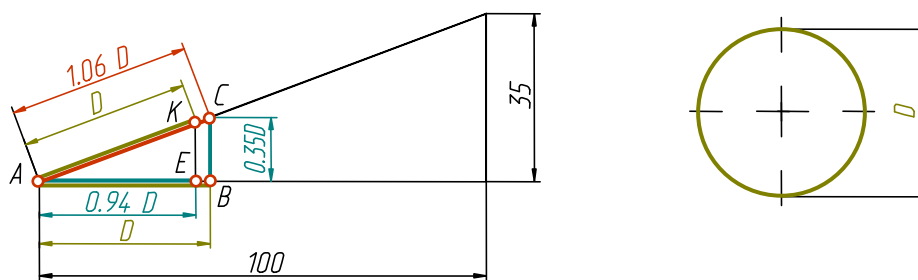


Рис. 6.16

Катеты треугольника равны 100 мм и 35 мм. Гипотенуза при этом равна 106 мм. Отложим по большому катету значение, равное диаметру окружности D (отрезок AB). Отрезок BC будет равен $0,35D$, то есть значению малой оси эллипса для плоскостей H и W .

Отрезок AC равен $1,06D$, то есть значению большой оси эллипса. Если мы отложим величину диаметра D по гипотенузе (отрезок AK), затем из точки K опустим перпендикуляр на большой катет треугольника, то отрезок AE будет равен значению $0,94D$, то есть величине малой оси эллипса для плоскости V .

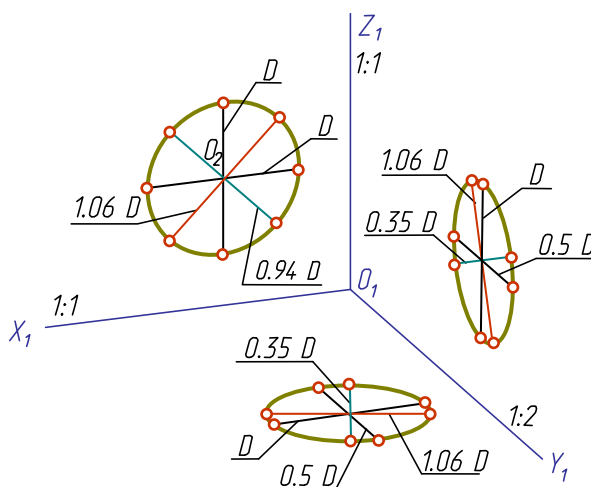


Рис. 6.17

Изображение окружности в прямоугольной диметрической проекции показано на рис. 6.17.

Например, для построения окружности в плоскости V через точку O_2 параллельно осям x_1 и z_1 проводим прямые и на них откладываем величины, равные диаметру окружности. На линии, проведенной параллельно оси y_1 откладываем значение, равное $0,94D$ (величину малой оси

эллипса). Перпендикулярно малой оси строим большую ось эллипса, равную $1,06D$. Полученные точки соединяем плавной линией.

Изображение шара и тора

В прямоугольной параллельной аксонометрии шар изображается окружностью.

При построении шара по натуральным показателям искажения его аксонометрической проекцией будет окружность, диаметр которой равен диаметру изображаемого шара.

При построении изображения шара по приведенным показателям диаметр окружности увеличивается в соответствии с увеличением коэффициента приведения: в изометрии – в 1,22 раза (рис. 6.18, а), в диметрии – в 1,06 раза (рис. 6.18, б).

На рис 6.18, в показана изометрическая проекция тора, выполненная с помощью вписанных в него вспомогательных сфер.

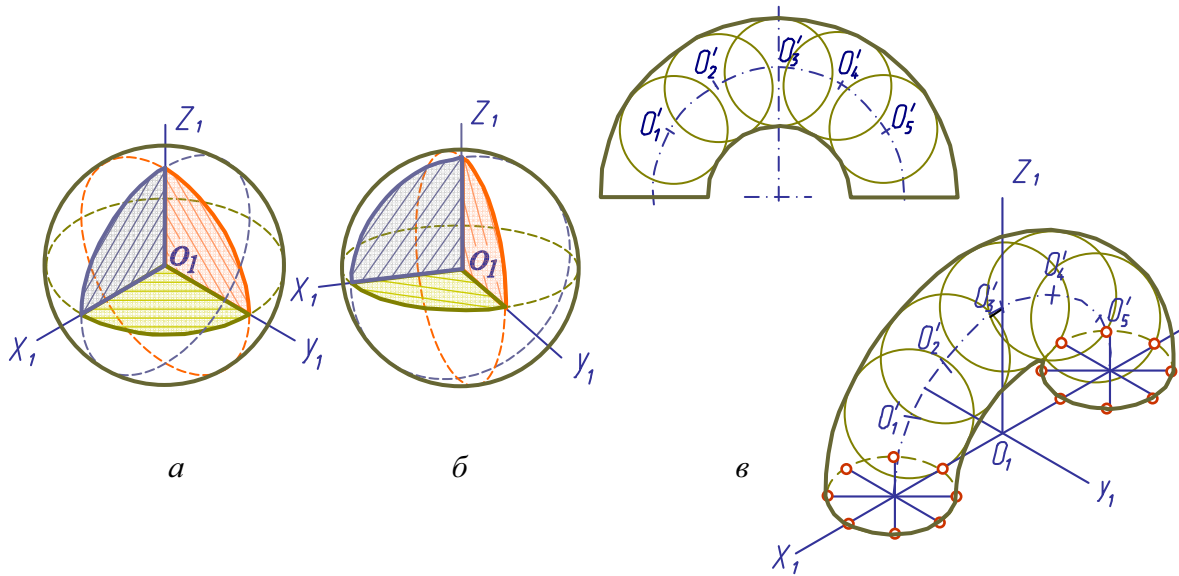


Рис. 6.18

6.5. Косоугольные аксонометрии

Фронтальная изометрическая проекция

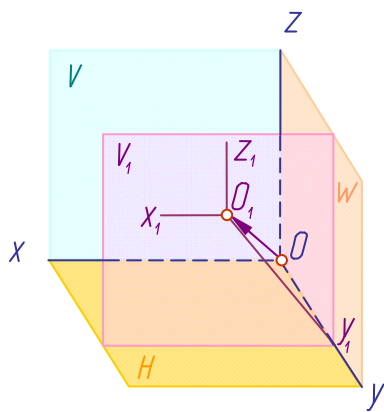


Рис. 6.19

В косоугольной фронтальной аксонометрии аксонометрическую плоскость располагают параллельно фронтальной плоскости проекций (рис. 6.19). Направление проецирования выбирают так, чтобы аксонометрические оси располагались, как показано на рис. 6.20.

Допускается применять фронтальные изометрические проекции с углом наклона оси y_1 в 30° и 60° . Фронтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям x_1, y_1, z_1 .

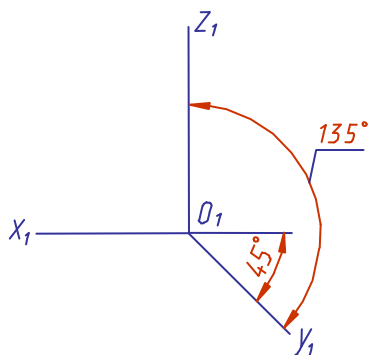


Рис. 6.20

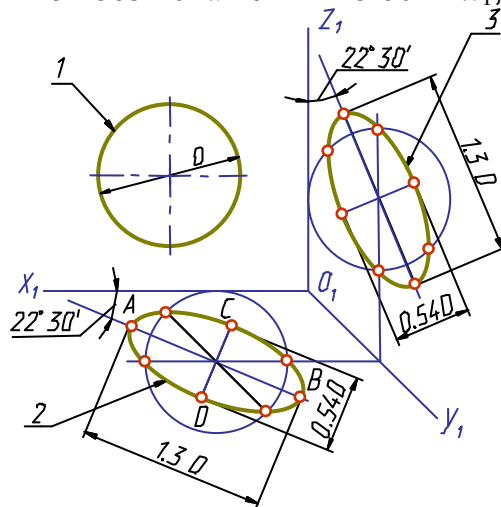


Рис. 6.21

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций V , проецируются на аксонометрическую плоскость в окружности. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям H и W проецируются в эллипсы (рис. 6.21).

Большая ось эллипсов 2 и 3 составляет $1,3D$, а малая ось – $0,54D$, где D – диаметр окружности. Большая ось эллипсов 2 и 3 направлена по биссектрисе острого угла между прямыми, параллельными аксонометрическим осям и проходящими через центры эллипсов.

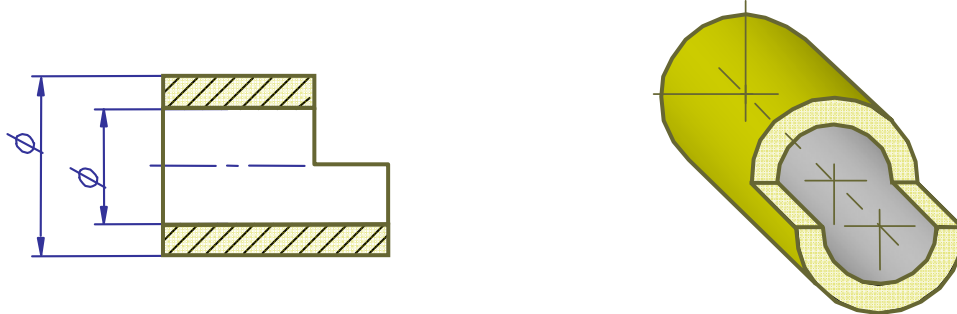


Рис. 6.22

Деталь во фронтальной изометрии нужно располагать по отношению к осям так, чтобы сложные плоские фигуры, окружности, дуги плоских кривых находились в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций. Тогда их построение упрощается, так как они изображаются без искажения (рис. 6.22).

Фронтальная диметрическая проекция

Положение аксонометрических осей такое же, как у фронтальной изометрической проекции (рис. 6.23).

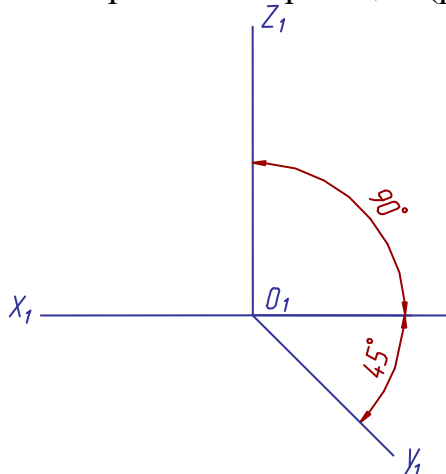


Рис. 6.23

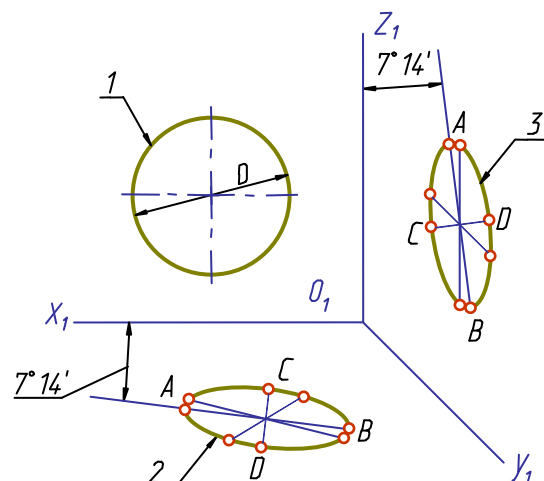


Рис. 6.24

Можно применять фронтальные диметрические проекции с углом наклона оси y_1 в 30° и 60° .

Коэффициент искажения по оси y_1 равен 0,5, по осям x_1 и z_1 – 1.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций V , проецируются на аксонометрическую плоскость в окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной H и профильной W плоскостям проекций, – в эллипсы (рис. 6.24).

Большая ось эллипсов 2 и 3 $AB = 1,07$, а малая ось – $CD = 0,33$ диаметра окружности. Большая ось эллипса 2 наклонена к горизонтальной оси x_1 под углом $7^\circ 14'$, а большая ось эллипса 3 – под тем же углом к вертикальной оси z_1 .

Как и во фронтальной изометрии, деталь в этом случае нужно располагать по отношению к осям так, чтобы сложные плоские фигуры, окружности, дуги плоских кривых находились в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций (рис. 6.25).

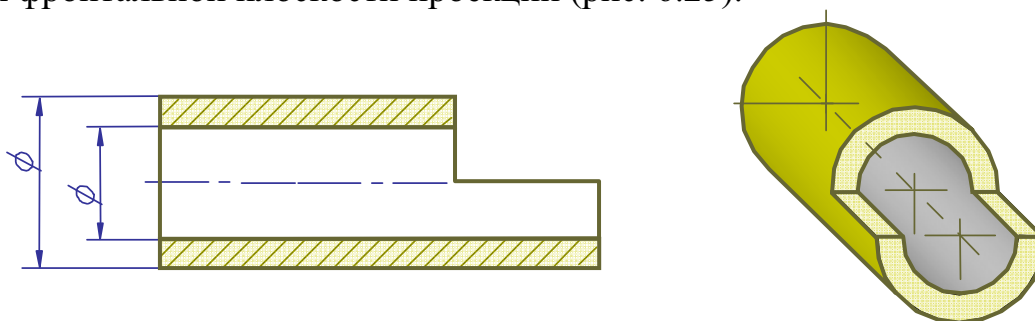


Рис. 6.25

Вопросы для самоконтроля

1. В чем суть способа аксонометрического проецирования?
2. Что называется коэффициентами искажения?
3. Как связаны между собой коэффициенты искажения?
4. Как разделяются аксонометрические проекции в зависимости от направления проецирования и от сравнительной величины коэффициентов искажения?
5. Как определяется направление большой и малой осей эллипсов, являющихся изометрической и диметрической проекциями окружности?
6. Какая линия является очерком аксонометрической проекции шара?
7. Чему равны коэффициенты искажения в косоугольной фронтальной изометрии?
8. Чему равны коэффициенты искажения в косоугольной фронтальной диметрии.
9. Как строятся оси в косоугольной аксонометрии?

Глава 7

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

7.1. Единая система конструкторской документации. Стандарты ЕСКД

Правила выполнения чертежей и других технических документов регламентированы Единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

Основное их назначение – установить в организациях и на предприятиях единые правила выполнения, оформления и обращения конструкторской документации. ЕСКД обеспечивает:

- возможность взаимообмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления;
- стабилизацию комплексности, исключая дублирование и разработку не требующихся производству документов;
- возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов изделий;
- упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снижающее трудоемкость проектно-конструкторских работ изделий;
- механизацию и автоматизацию обработки технических документов;
- улучшение условий технической подготовки производства;
- улучшение условий эксплуатации промышленных изделий;
- оперативную подготовку документов для быстрой переналадки действующего производства.

Установленные стандартами ЕСКД правила и положения по разработке, оформлению и обращению документов распространяются на все виды конструкторских документов; их учет, хранение, дублирование и внесение изменений. Стандарты ЕСКД регламентируют все стадии разработки конструкторской документации в производственных условиях.

Стандарты ЕСКД распределены по классификационным группам (табл. 7.1).

Номер стандарта включает:

- цифру «2», присвоенную классу стандартов ЕСКД;
- цифру классификационной группы (после точки);
- двузначное число, определяющее порядковый номер стандарта в данной группе;

- двузначное число (после тире), указывающее год регистрации стандарта.

Пример обозначения стандарта ЕСКД «Изображения - виды, разрезы, сечения»:

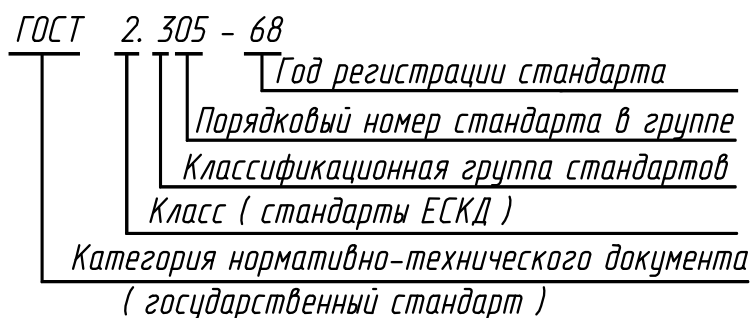


Таблица 7.1

Номер групп	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 различных изделий
5	Правила изменения и обращения конструкторской документации
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов при макетном методе проектирования
9	Прочие стандарты

7.2. Виды изделий и конструкторской документации

Любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на производстве, называется *изделием*.

Изделия делятся на детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например: сверло, болт, гайка и т.д.

Части детали, имеющие определенное назначение, называются ее *элементами*, например: фаска, проточка, галтель и т.д.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии – изготовителе сборочными операциями. Например: шариковая ручка, телевизор, телефонный аппарат и т.д.

Комплекс – два и более изделия (состоящих в свою очередь из двух и более частей), не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например: цех-автомат, бурильная установка и т.д.

Комплект – два и более изделия, не соединенных на предприятии – изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплект запасных частей и т.д.

К конструкторским документам относят графические и текстовые документы, которые определяют состав и устройство изделия. Они содержат все необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

В зависимости от содержания стандартами установлено 25 видов конструкторских документов, в том числе: чертеж детали, чертеж общего вида, сборочный чертеж, спецификация и другие.

К основным конструкторским документам относятся чертеж детали и спецификация. Они не имеют кода. Все остальные виды документации считаются неосновными, и в их обозначении указывается код.

Чертеж детали – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Сборочный чертеж – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. Код документа – СБ.

Чертеж общего вида – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Код документа – ВО.

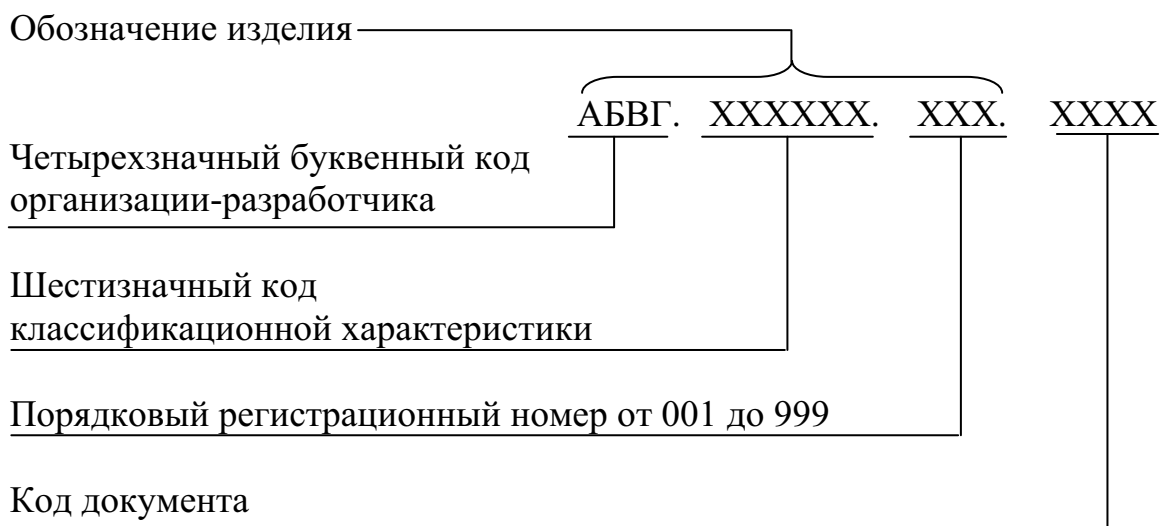
Спецификация – документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

7.3. Обозначение изделий и конструкторских документов

Обозначение изделия является одновременно обозначением его *основного конструкторского документа* (КД) (чертежа или спецификации). Система обозначения для производства имеет большое значение. Быстро разыскать в техническом архиве нужный чертеж, правильно распределить чертежи по исполнителям изделия, внести изменения в чертеж или заменить его и многое другое - все это требует хорошо продуманной системы обозначения КД.

ГОСТ 2.201-80 устанавливает единую структуру обозначения изделий и их составных частей для всех отраслей промышленности.

Структура обозначения изделия и его основного конструкторского документа имеет вид:



При выполнении чертежа на нескольких листах всем листам одного изделия присваивают одно и то же обозначение и наименование.

7.4. Форматы и основная надпись

Форматы (от лат. *forma* – вид, наружность) – размеры листов чертежей и других конструкторских документов. Форматы и их обозначения регламентирует ГОСТ 2.301-68 (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Обозначение формата	A0(44)	A1(24)	A2(22)	A3(12)	A4(11)
Размеры сторон формата, мм	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297

При необходимости допускается применение формата А5 с размерами сторон 148×210 мм.

Примечание. В скобках указаны обозначения, применявшиеся до 01.01.81.

Площадь формата А0 равна 1 м². Стороны относятся как $1:\sqrt{2}$. Решение этих двух уравнений определило размеры сторон формата. Каждый следующий меньший формат получается делением пополам предыдущего формата параллельно его меньшей стороне.

Допускается применение дополнительных форматов. Они образуются увеличением коротких сторон основных форматов в целое число раз. Например, формат А0 × 2 имеет размеры 1189 × 1682, формат А4 × 3 имеет размеры 297 × 630 и т. д.

Формат листов бумаги определяется размерами внешней рамки чертежа. Она проводится тонкой линией. По этой линии чертеж обрезается. Линии рамки чертежа выполняются основной линией с трех сторон на расстоянии 5 мм от внешней рамки. С левой стороны чертежа на расстоянии 20 мм от внешней рамки. С левой стороны чертежа на расстоянии 20 мм проводится четвертая линия рамки (рис. 7.1). На рисунке показано также расположение основной надписи (185 × 55) и дополнительной графы (70 × 14).

На формате А4 основная надпись располагается только вдоль короткой стороны. Для остальных форматов – в правом нижнем углу, вплотную к рамке чертежа. Дополнительная графа располагается в левом верхнем углу формата А4. В остальных форматах – вверху вдоль длинной стороны листа (рис. 7.1).

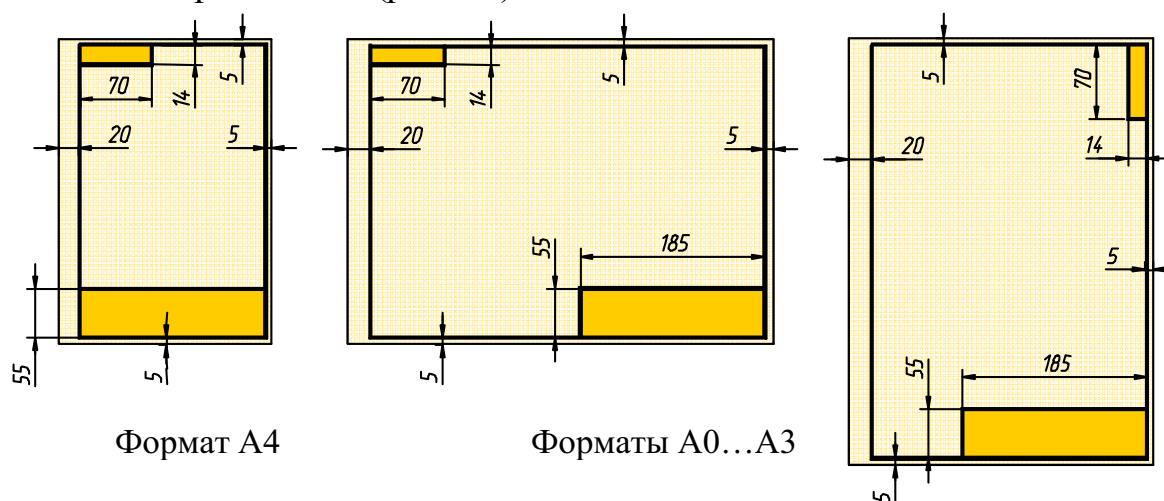


Рис. 7.1

При выполнении чертежей изделий и схем применяется основная надпись по форме 1. Основная надпись выполняется основными и тонкими линиями (рис. 7.2).

В графах основной надписи учебного чертежа указывают:
 в графе 1 -наименование изделия (задания) (размер шрифта – 7);
 в графе 2- обозначение чертежа (размер шрифта – 7) –

Например: **КГГ1. ХХХХХХ. 001**

а б в г

а – код кафедры начертательной геометрии и графики – КГГ;

б – номер работы;

в – код классификационной характеристики изделия (для чертежа детали или сборочной единицы) или ХХХХХХ (для других чертежей);

г – порядковый регистрационный номер (вариант задания);

в графе 3 – материал детали (размер шрифта – 5);

в графе 4 – «У» (учебный чертеж) (размер шрифта – 5);

в графе 6 – масштаб чертежа (на эскизе не указывается) (размер шрифта – 5);

в графе 7 – порядковый номер листа (на заданиях, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 8 – общее количество листов задания (графу заполняют только на первом листе);

в графе 9 – ТПУ, факультет, номер группы (размер шрифта – 3.5);

в графе 10 - фамилию студента;

в графе 11 - фамилию преподавателя;

в графе 12 - подпись студента;

в графе 13 - дату выполнения чертежа.

Все остальные графы в учебных чертежах не заполняются.

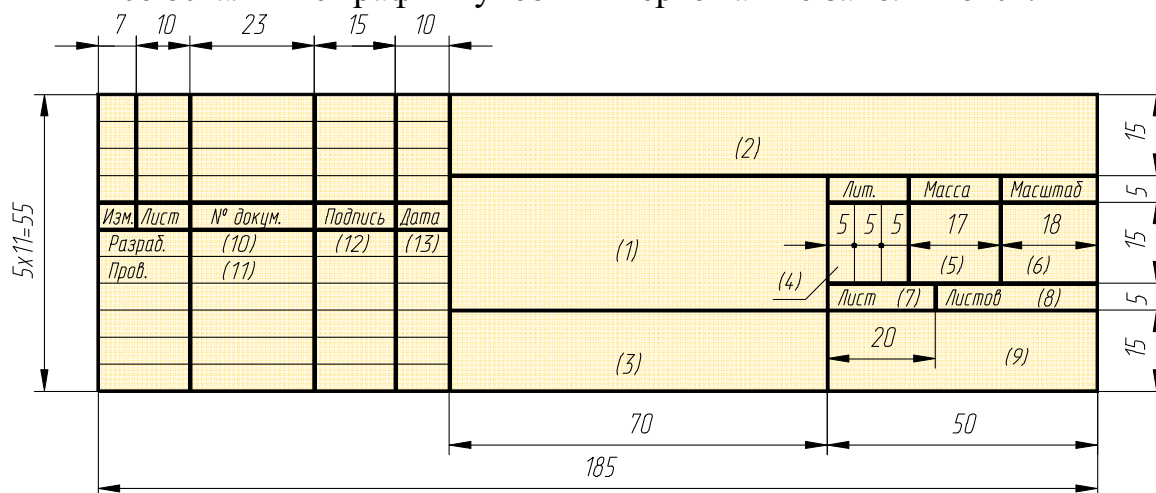


Рис. 7.2. Основная надпись (форма 1)

В дополнительной графе для формата А4 и для форматов, больших А4, при расположении основной надписи вдоль длинной стороны

листа обозначение чертежа записывается повернутым на 180° . Для форматов больше А4 (при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа) обозначение чертежа записывается повернутым на 90° .

7.5. Масштабы

Масштабом называется отношение размеров изображения к действительным размерам изделия.

В зависимости от сложности чертежа и величины изображаемых изделий масштабы, согласно ГОСТ 2.302-68, выбирают из следующего ряда (табл. 7.3)

Таблица 7.3

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

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

Масштаб указывается в графе основной надписи, имеющей заголовков «Масштаб». Если какое-то изображение на чертеже выполнено в другом масштабе, то масштаб указывают вместе с надписью, относящейся к изображению.

Например: для выносных элементов,
 дополнительных и местных видов – А (2:1);
 для разрезов и сечений – А – А (2:1).










7.6. Линии

ГОСТ 2.303-68 устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства (табл. 7.4). Толщина сплошной основной линии s применяется в пределах 0,5–1,4 мм. Она зависит от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Толщина линий должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже. Для выполняемых чертежей заданий толщина сплошной основной линии рекомендуется 0,8–1 мм.

Стандарт устанавливает толщину линий и наименьшее расстояние между смежными линиями в зависимости от формата чертежа, а также приводит некоторые указания по обводке изображений на чертежах:

- длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от размеров изображения;

Таблица 7.4

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		s	Линии видимого контура; линии перехода видимые; линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии контура наложенного сечения; линии размерные и выносные; линии штриховки; линии полки-выноски; линии для изображения пограничных деталей («обстановка»); линии ограничения выносных элементов; линии перехода воображаемые; следы плоскостей
3. Сплошная волнистая		От $s/3$ до $s/2$	Линии обрыва; линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая		От $s/3$ до $s/2$	Линии невидимого контура; линии перехода невидимые
5. Штрихпунктирная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии осевые и центровые; линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных и вынесенных сечений
6. Штрихпунктирная утолщенная		От $s/2$ до $2/3s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию; линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
7. Разомкнутая		От s до $1,5s$	Линии сечений
8. Сплошная тонкая с изломом		От $s/3$ до $s/2$	Линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками		От $s/3$ до $s/2$	Линии сгиба на развертках; линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях; линия для изображения развертки, совмещенной с видом

- штрихи в линии должны быть приблизительно одинаковой длины;
- промежутки между штрихами в каждой линии должны быть приблизительно одинаковыми;
- штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами;
- штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм;
- для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединять штрихпунктирной тонкой линией.

На рис. 7.3 приведены размеры, рекомендуемые для некоторых типов линий: штриховой, штрихпунктирной, штрихпунктирной утолщенной и штрихпунктирной с двумя точками.

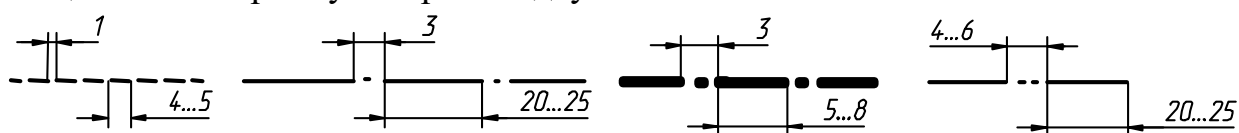


Рис. 7.3

7.7. Чертежные шрифты

Все надписи на чертежах и других технических документах выполняются чертежным шрифтом. Чертежные шрифты для технических документов всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.304-81.

Основные параметры шрифта:

h – *размер шрифта* – высота прописных букв в миллиметрах, измеренная по перпендикуляру к основанию строки;

c – *высота строчных букв*;

g – *ширина буквы* – наибольшая ширина буквы;

d – *толщина линии шрифта* – зависит от типа и высоты шрифта.

ГОСТом установлены следующие *типы шрифта*:

тип А без наклона ($d=1/14h$);

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

тип Б без наклона ($d=1/10h$);

тип Б с наклоном около 75° ($d=1/10h$) с параметрами, приведенными в табл. 7.5.

ГОСТом установлены следующие *размеры шрифта*:

(1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40,

причем шрифт размера 1,8 допускается применять только для типа Б.

Стандартный чертежный шрифт включает русский, латинский, греческий алфавиты, арабские и римские цифры, а также знаки. На рис. 7.4 приведен образец русского, латинского шрифтов и арабских цифр.

При выполнении надписей на чертежах необходимо знать не только конструкцию букв и цифр, но и наиболее рациональную последовательность их обводки. Как правило, при обводке букв и цифр все вертикальные и наклонные элементы выполняются движением сверху вниз. Горизонтальные - слева направо. Закругленные - вниз и влево или вниз и вправо.

При выполнении графических заданий мы рекомендуем применять шрифт типа Б с наклоном 75° (табл. 7.5).

Таблица 7.5

Шрифт типа Б

Параметр		Относительный размер		Размеры, мм				
				2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Размер шрифта	h	$(10/10)h$	$10d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Высота строчных букв	c	$(7/10)h$	$7d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0
Расстояние между буквами	a	$(2/10)h$	$2d$	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
Минимальный шаг строк	b	$(17/10)h$	$17d$	4,3	6,0	8,5	12	17
Мин. расстояние между словами	e	$(6/10)h$	$6d$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
Толщина линий шрифта	d	$(1/10)h$	d	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0

Примечания:

1. Расстояние a между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, АТ), может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину d линии шрифта.

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

Для написания шрифта применяют вспомогательную сетку, в которую вписывают буквы. Шаг вспомогательных линий сетки зависит от толщины d линий шрифта.

Для того чтобы выполнить на чертеже надпись, недостаточно знать конструкцию каждой буквы и цифры. Необходимо еще правильно расположить ее по длине и высоте на поле чертежа или в графе основной надписи. Размеры букв для различных размеров шрифта приведены в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Ширина букв и цифр для шрифта типа Б

Буквы и цифры		Относительный размер		Размер шрифта, мм				
				2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Ширина цифр и знака №	<i>1</i>	$(3/10)h$	$3d$	0,8	1,1	1,5	2,1	3,0
	<i>4</i>	$(4,5/10)h$	$4,5d$	1,1	1,6	2,3	3,2	4,5
	<i>2,3,5,6,7,8,9,0</i>	$(5/10)h$	$5d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0
	<i>№</i>	$(10/10)h$	$10d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10
Ширина прописных букв	<i>Г,Е,З,С</i>	$(5/10)h$	$5d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0
	<i>Б,В,И,Й,К,Л,Н,О,П</i>	$(6/10)h$	$6d$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
	<i>Р,Т,У,Ц,Ч,Ъ,Ь,Э,Я</i>	$(6/10)h$	$6d$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
	<i>А,Д,М,Х,Ы,Ю</i>	$(7/10)h$	$7d$	1,8	2,5	3,5	4,9	7,0
	<i>Ж,Ф,Ш,Щ</i>	$(8/10)h$	$8d$	2,0	2,8	4,0	5,6	8,0
Ширина строчных букв	<i>с</i>	$(4/10)h$	$4d$	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
	<i>з</i>	$(4,5/10)h$	$4,5d$	1,1	1,6	2,3	3,2	4,5
	<i>а,б,в,г,д,е,и,к,л,н</i>	$(5/10)h$	$5d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0
	<i>о,п,р,у,х,ц,ч,ъ,ь,э,я</i>	$(5/10)h$	$5d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0
	<i>м,ы,ю</i>	$(6/10)h$	$6d$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
	<i>ж,т,ф,ш,щ</i>	$(7/10)h$	$7d$	1,8	2,5	3,5	4,9	7,0
Ширина прописных букв	<i>I</i>	$(1/10)h$	d	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0
	<i>J</i>	$(4/10)h$	$4d$	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
	<i>С,Е,F,L</i>	$(5/10)h$	$5d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0
	<i>B,D,G,H,K,N,O</i>	$(6/10)h$	$6d$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
	<i>P,Q,R,S,T,U,Z</i>	$(6/10)h$	$6d$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0
	<i>A,M,V,X,Y</i>	$(7/10)h$	$7d$	1,8	2,5	3,5	4,9	7,0
	<i>W</i>	$(9/10)h$	$9d$	2,2	3,1	4,5	6,3	9,0
Ширина строчных букв	<i>i</i>	$(1/10)h$	d	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0
	<i>l</i>	$(2/10)h$	$2d$	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
	<i>j</i>	$(3/10)h$	$3d$	0,8	1,1	1,5	2,1	3,0
	<i>с, f, r, t</i>	$(4/10)h$	$4d$	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
	<i>а, b, d, e, g, h, k, n</i>	$(5/10)h$	$5d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0
	<i>о, p, q, s, u, v, x, y, z</i>	$(5/10)h$	$5d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0
	<i>m, w</i>	$(7/10)h$	$7d$	1,8	2,5	3,5	4,9	7,0



Рис. 7.4

Некоторые сочетания букв дают кажущееся увеличение расстояния между буквами. В таких случаях расстояние между буквами сокращают до толщины буквы или до нуля (рис. 7.5).

Из таблицы видно, что буквы и цифры для одного и того же размера шрифта имеют различную ширину.

Дроби, показатели, индексы и предельные отклонения выполняют шрифтом на одну ступень меньшим, чем размер шрифта основной величины, или одинакового с ним размера.

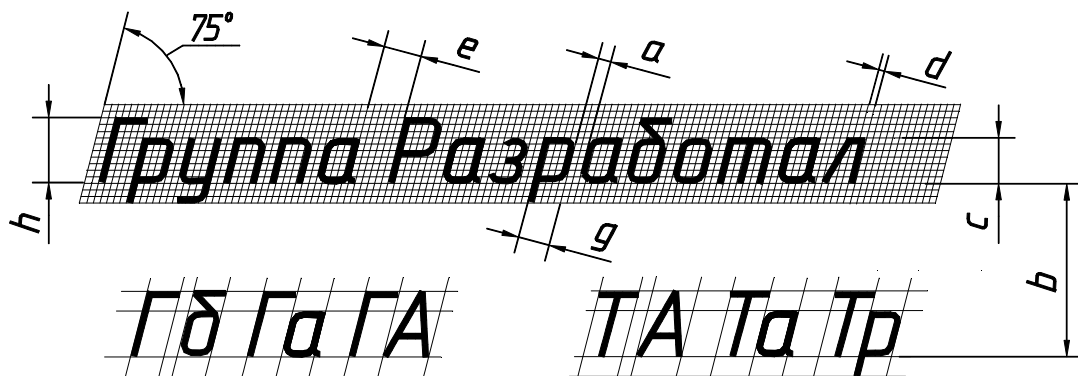


Рис. 7.5

7.8. Обозначение материалов

Марки материалов в конструкторских документах указывают в соответствии со стандартами на эти материалы. Они имеют буквенно-цифровые обозначения, например: *Сталь 40 ГОСТ 1050-88*.

Графическое обозначение материалов в сечениях изделий по ГОСТ 2.306-68 зависит от вида материала, из которого выполнено изделие (табл. 7.7).

Таблица 7.7

Графическое обозначение материалов в сечениях

Материал	Обозначение
1. Металлы и твердые сплавы	
2. Неметаллические материалы, в том числе волокнистые, монолитные и прессованные, за исключением указанных ниже	
3. Древесина	
4. Камень естественный	
5. Керамика и силикатные материалы для кладки	
6. Бетон	
7. Стекло и другие светопрозрачные материалы	
8. Жидкости	
9. Грунт естественный	
10. Сетка	

В зависимости от площади штриховки расстояние между параллельными линиями штриховки берется от 1 до 10 мм. Оно должно быть одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали.

Угол наклона штриховки относительно рамки чертежа – 45° . Направление любое, но одинаковое для одной и той же детали на всех сечениях одного чертежа. Если направление штриховки оказывается параллельным линиям контура детали или осевым линиям, то угол наклона линий штриховки таких деталей принимают 30° или 60° относительно горизонтальной стороны рамки.

Для отдельных сечений детали, выполненных в масштабе увеличения или уменьшения, шаг штриховки может быть соответственно увеличен или уменьшен. Направление штриховки при этом сохраняется.

Для смежных сечений двух деталей направление штриховки для одного сечения принимают вправо, для другого – влево. При трех и более смежных сечениях разных деталей изменяют как направление, так и шаг штриховки (рис. 7.6).

Для смежных сечений нескольких деталей можно сдвигать линии штриховки в одном сечении по отношению к другому при одинаковом направлении.

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, показывают зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм (рис. 7.7).

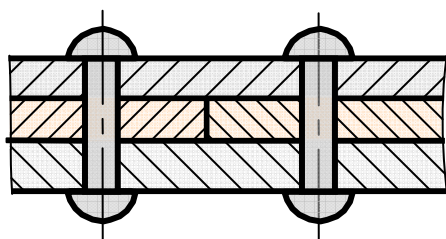


Рис. 7.6



Рис. 7.7

Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных деталей), ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий. Остальную площадь сечений рекомендуется штриховать небольшими участками в нескольких местах (рис. 7.8). В этих случаях линии штриховки стекла (рис. 7.9) следует наносить с наклоном $15^\circ - 20^\circ$ к линии большей стороны контура сечения.

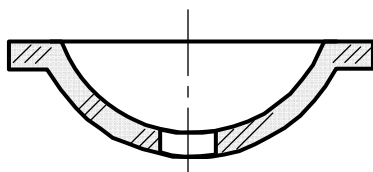


Рис. 7.8



Рис. 7.9

Вопросы для самоконтроля

1. Какие размеры имеет формат чертежного листа А4?
2. В каких форматах чертежных листов сторона равна 594 мм?
3. В каких пределах рекомендуется брать толщину контурных линий по ГОСТ 2.303-68?
4. Какое назначение имеет штрихпунктирная линия?
5. Какую толщину штриховой линии рекомендуется применять при выполнении чертежа?
6. Какой толщины должна быть на чертеже разомкнутая линия?
7. Какая величина определяет размер шрифта?
8. Какие размеры чертежного шрифта установлены ГОСТом?
9. Как определяется высота строчных букв?
10. Если Ваша шариковая ручка выполнена из пластмассы, ее наконечник из металла, а корпус стержня из полиэтилена, какие графические обозначения будут иметь материалы этих деталей?
11. Какие линии применяют для выполнения чертежей? Каково их начертание и назначение?
12. Какие масштабы установлены стандартом для чертежей?
13. Под каким углом наносятся линии штриховки? Какое расстояние должно быть между линиями штриховки?
14. Каковы особенности выполнения штриховки смежных деталей?
15. Как штрихуются узкие и длинные площади сечений?

ГЛАВА 8

ИЗОБРАЖЕНИЯ

8.1. Основные положения и определения

В предыдущих главах рассмотрены элементы начертательной геометрии, являющиеся теоретической основой построения технических чертежей. При этом изображения геометрических тел и простейших предметов выполнялись параллельным прямоугольным проецированием на две или три взаимно перпендикулярные плоскости.

В процессе конструирования при создании технических чертежей предметов – деталей, приборов и других устройств – трех основных плоскостей проекций нередко бывает недостаточно. При построении изображений применяют также ряд правил и условностей, которые позволяют уменьшить сложность выполнения чертежей, сохраняя наглядность и однозначность их понимания.

Правила изображения предметов на чертежах устанавливает ГОСТ 2.305-68. Изображения предметов на технических чертежах выполняют методом прямоугольных (ортогональных) проекций. За основные плоскости проекций принимают три взаимно перпендикулярные плоскости H , V и W , а также параллельные им плоскости. Эти плоскости образуют грани куба. Предмет располагают в первом октанте между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Построение проекций выполняется по методу первого угла – метод E («европейский»). Этот метод принят в России и большинстве европейских стран.

В США, Англии и некоторых других странах плоскость проекций располагают между наблюдателем и изображаемым предметом – метод третьего угла, метод A («американский»).

Для указания системы выполнения чертежей международная организация по стандартизации ИСО (ISO) рекомендует применять специальные знаки в виде изображений усеченного конуса (рис. 8.1). Знаки наносят над основной надписью. При выполнении чертежей по европейской системе можно знак не наносить.

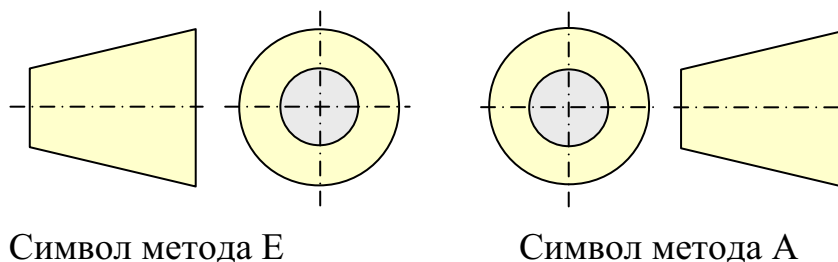


Рис. 8.1

Проецирование по методу первого угла (метод Е)

При использовании этого метода предмет мысленно помещают внутрь куба и проецируют на внутренние поверхности его граней. Проецирующие лучи направлены от наблюдателя к граням.

Шесть граней куба принимают за основные плоскости проекций. Совмещая грани куба с расположенными на них изображениями в одну плоскость, получают чертёж предмета. Изображение на фронтальной плоскости проекций принимают на чертеже в качестве *главного*. Это изображение должно давать *наиболее полное представление о форме и размерах предмета*.

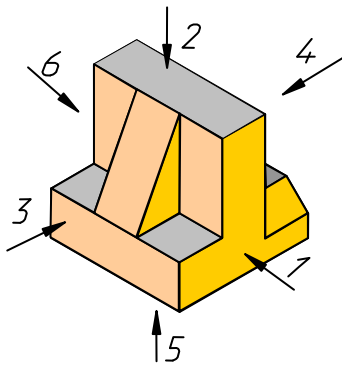


Рис. 8.2

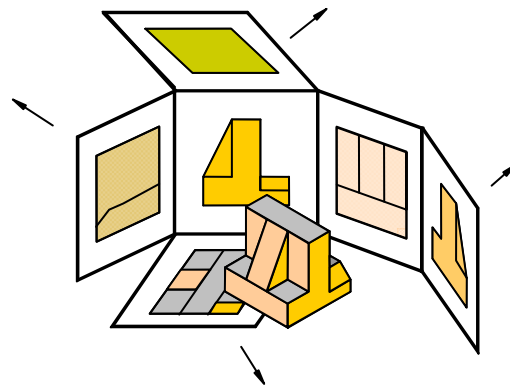


Рис. 8.3

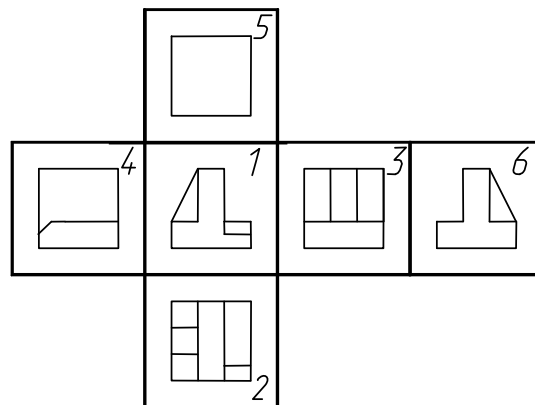


Рис. 8.4

На рис. 8.2 показано направление взгляда, определяющее изображения на плоскостях проекций (гранях куба). Заднюю грань принимают за фронтальную плоскость проекций. Все другие грани совмещают с ней вращением вокруг линий их пересечения (рис. 8.3). Получают чертёж, включающий шесть изображений (рис. 8.4).

Расположение изображений (видов) относительно главного вида после разворачивания плоскостей проекций в одну плоскость следую-

щее: 1 - вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади (вид сзади допускается располагать слева от вида справа).

Проецирование по методу третьего угла (метод А)

При построении изображений в этой системе плоскости проекций считают прозрачными. Они располагаются между наблюдателем и изображаемым предметом.

На рис. 8.5 показано направление взгляда на предмет.

После совмещения плоскостей проекций получают систему расположения изображений, в которой вид сверху расположен на месте вида снизу, а вид слева – на месте вида справа (рис. 8.6).

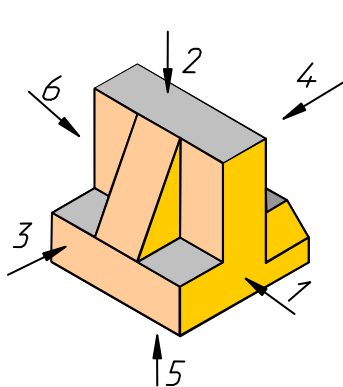


Рис. 8.5

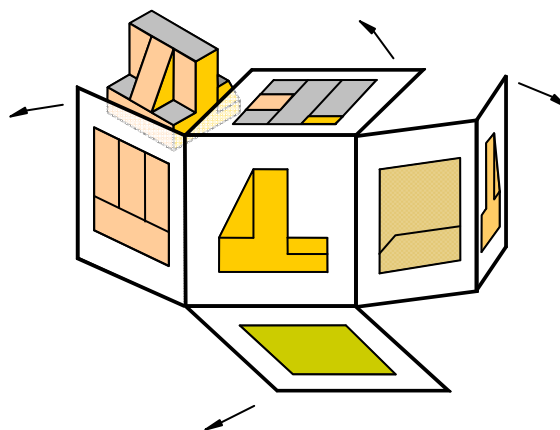


Рис. 8.6

На рис. 8.7 показано расположение видов относительно главного вида (вида спереди) после разворачивания плоскостей проекций. Наименование видов такое же, как при методе Е.

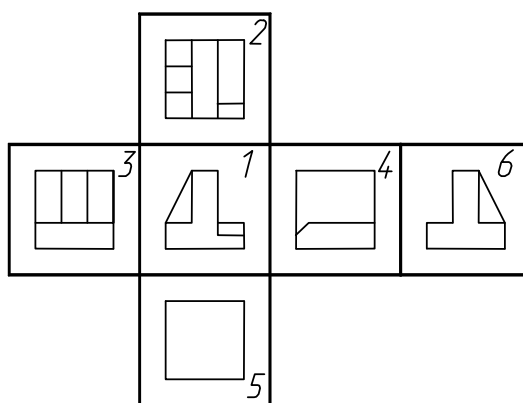


Рис. 8.7

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на *виды, разрезы, сечения*.

Виды, разрезы, сечения

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается показывать на видах невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (рис. 8.8).

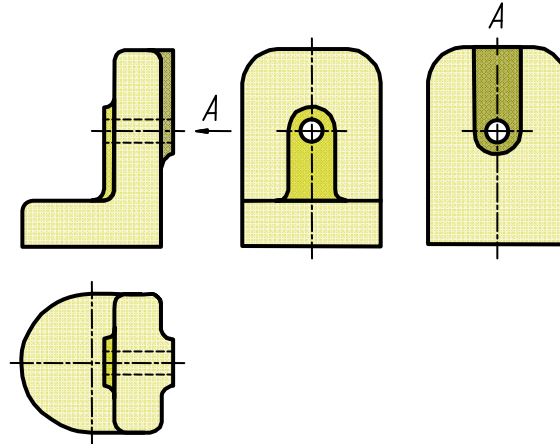


Рис. 8.8

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. При этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не меняет других изображений предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 8.9). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (например, ребра жесткости, рис. 8.10).

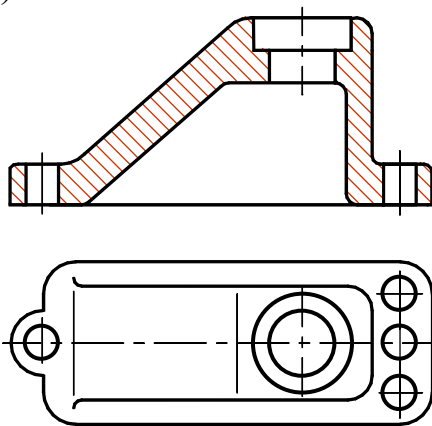


Рис. 8.9

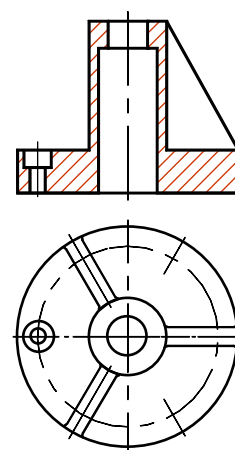


Рис. 8.10

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (рис. 8.11).

На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, которая разворачивается затем в плоскость (рис. 8.12).

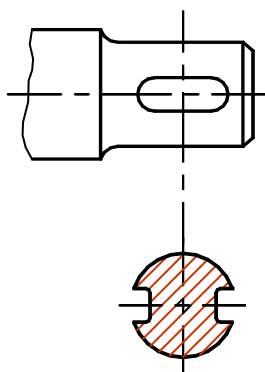


Рис. 8.11

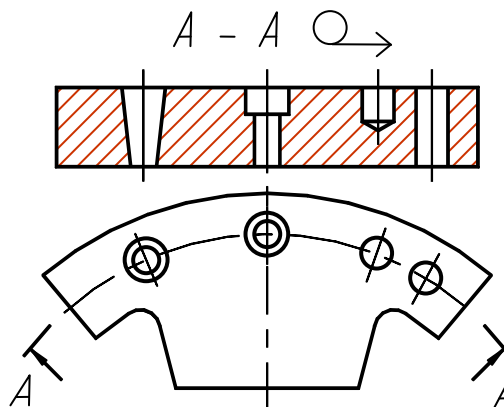


Рис. 8.12

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но должно обеспечивать полное представление о предмете. Минимальное количество изображений – два.

Применение условных знаков позволяет уменьшать количество изображений при вычерчивании предметов. В простейших случаях чтобы иметь ясное представление о предмете достаточно одного изображения и соответствующего условного знака. Знак \emptyset (рис. 8.13) позволяет сделать заключение, что изображен цилиндр, а знак \square (рис. 8.14) – что изображен брусок квадратного сечения. Для уменьшения количества изображений применяют также буквы: s , указывающую толщину изображаемого предмета (рис. 8.15), и l , указывающую длину изображаемого предмета (рис. 8.16). Эти буквы помещают на полке линии-выноски. Линия-выноска оканчивается точкой, наносимой внутри контура изображения.

На чертеже сферы перед размерным числом наносится слово «Сфера» или знак \bigcirc , например: $\bigcirc\emptyset 25$ (рис. 8.17). Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже.

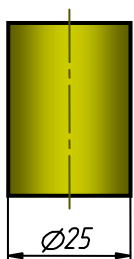


Рис. 8.13

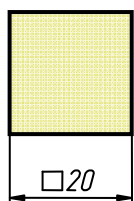


Рис. 8.14

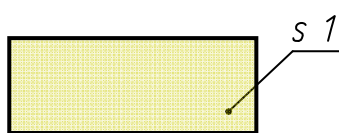


Рис. 8.15

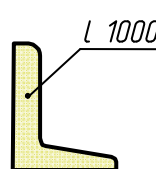


Рис. 8.16

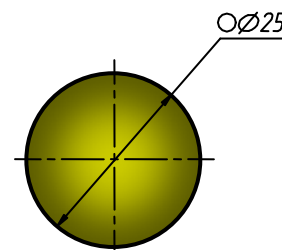


Рис. 8.17

8.2. Виды

Различают основные, дополнительные и местные виды.

Основными называют виды, полученные проецированием предмета на шесть граней куба, если предмет поместить внутрь его.

Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади 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 русского алфавита.

Чертежи оформляют так же, как если перечисленные виды отделены от главного изображения другими изображениями или расположены не на одном листе с ним (рис. 8.8).

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных выше видах без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды. В этом случае предмет проецируют на дополнительную плоскость. Следовательно, *дополнительный вид* – это изображение предмета (или его части) на выбранную плоскость, не параллельную ни одной из плоскостей проекций.

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (рис. 8.18, *а*).

Если между основным и дополнительным видами нет проекционной связи, то дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой русского алфавита. У связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка *А*, рис. 8.18, *б, в*).

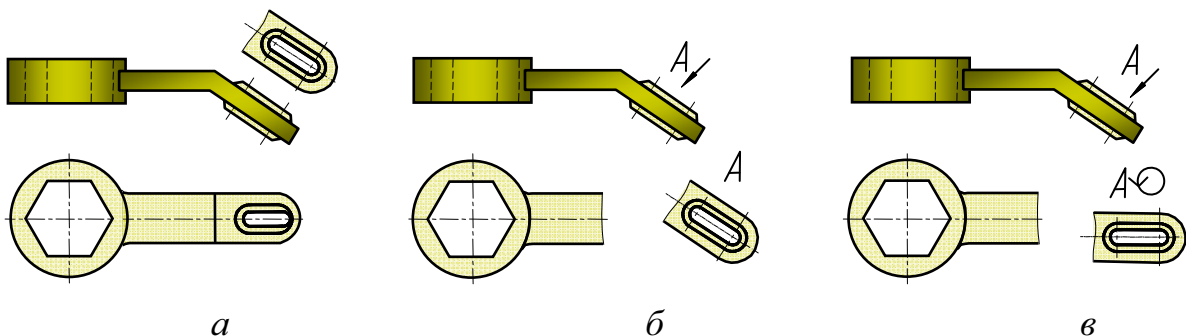


Рис. 8.18

Допускается дополнительный вид поворачивать, но сохраняя, как правило, положение, принятое для данного предмета на главном изображении. Обозначение вида при этом должно быть дополнено условным графическим обозначением \odot «повернуто» (рис. 8.18, в).

При необходимости указывают угол поворота после знака «повернуто».

Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один вид.

На рис. 8.19 приведены размеры стрелки, указывающей направление взгляда (рис. 8.19, а) и знаков, заменяющих слова «повернуто» (рис. 8.19, б) и «развернуто» (рис. 8.19, в). Размер шрифта прописной буквы, проставленной у стрелки, должен быть больше размера размерных чисел, применяемых на чертеже, приблизительно в два раза.

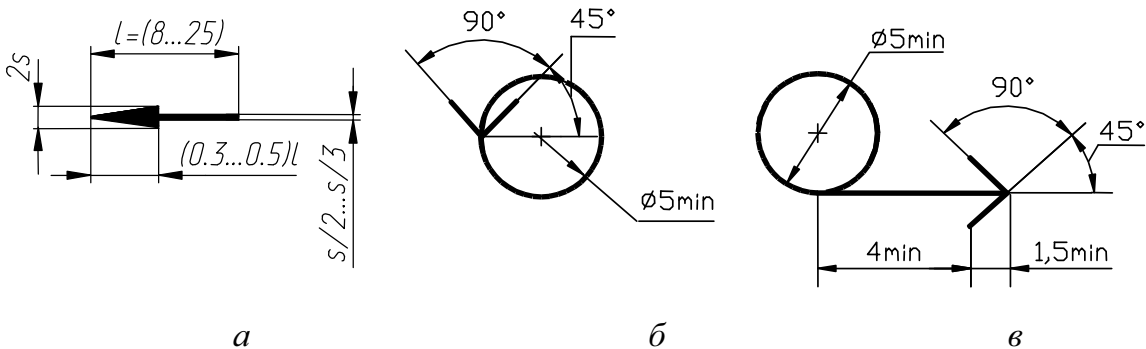


Рис. 8.19

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета, называется *местным* видом. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (рис. 8.20), или не ограничен (вид *Б*, рис. 8.20). Местный вид отмечается на чертеже подобно дополнительному виду.

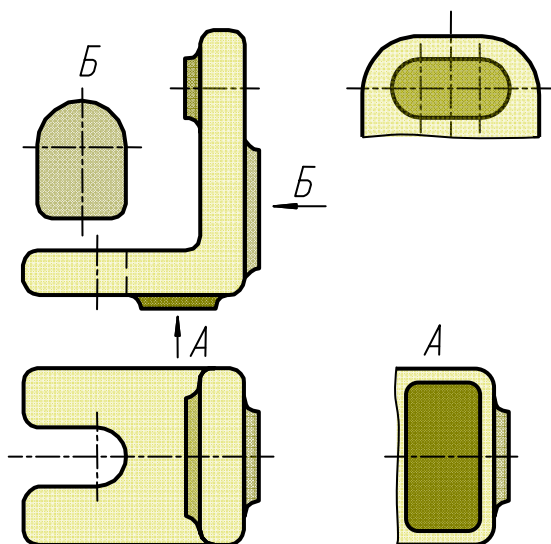


Рис. 8.20

Если местный вид выполнен в масштабе, отличном от масштаба остальных изображений на чертеже, то рядом с буквенным обозначением этого вида в скобках указывается его масштаб.

8.3. Разрезы

Разрезы можно разделить на четыре группы.

- В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы разделяются на:

горизонтальные – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез $A-A$, рис. 8.21);

вертикальные – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез на месте вида слева, рис. 8.22);

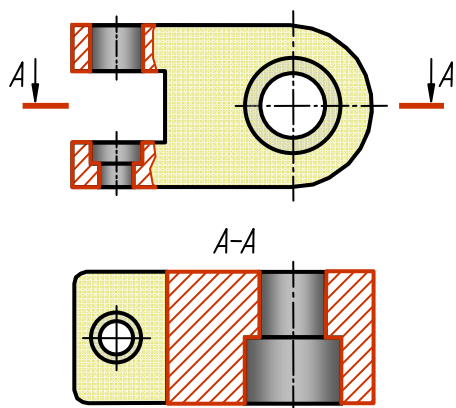


Рис. 8.21

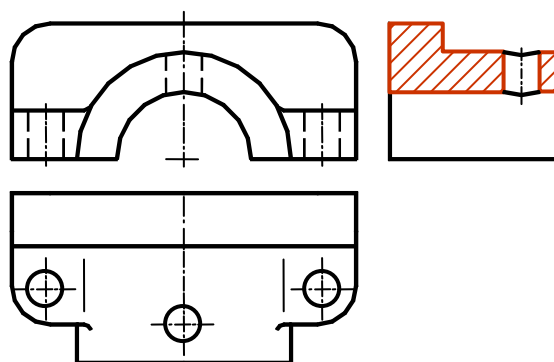


Рис. 8.22

наклонные – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого, например разрез $A-A$ на рис. 8.23.

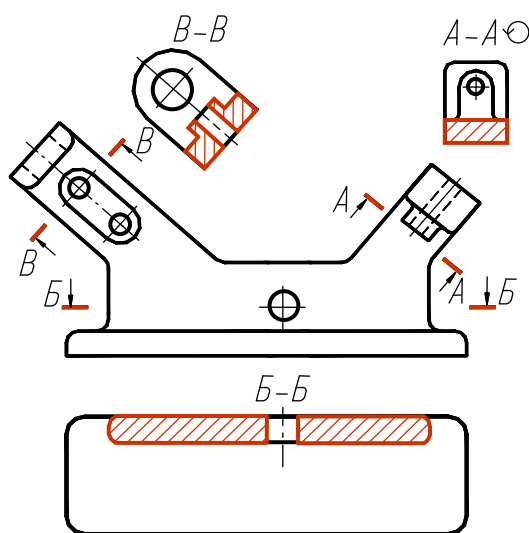


Рис. 8.23

Вертикальный разрез называется *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и *профиль-*

ным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 8.22).

• В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются:

на *простые* – разрезы, выполненные одной секущей плоскостью (рис. 8.21, 8.22);

сложные – выполненные несколькими секущими плоскостями.

Сложные разрезы бывают *ступенчатыми*, если секущие плоскости параллельны (например, ступенчатый фронтальный разрез $A-A$, рис. 8.24), и *ломаными*, если секущие плоскости пересекаются (например, разрез $A-A$, рис. 8.25).

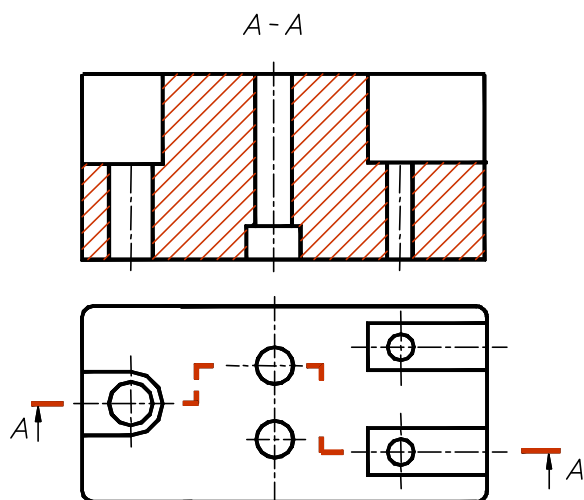


Рис. 8.24

• Разрезы называются *продольными*, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (рис. 8.24), и *поперечными*, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (рис. 8.22).

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия толщиной $(1 \div 1,5)s$. При 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 (рис. 8.26).

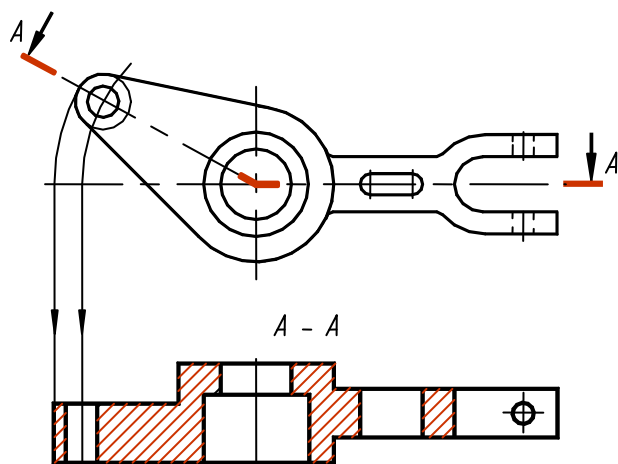


Рис. 8.25

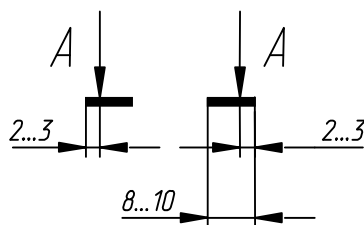


Рис. 8.26

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения.

При выполнении сложных разрезов переход от одной секущей плоскости к другой на разрезе условно не показывается.

В случаях, подобных показанному на рис. 8.27, стрелки, указывающие направление взгляда, наносятся на одной линии.

У начала и конца линии сечения, а при необходимости и у мест пересечения секущих плоскостей, ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита так, чтобы стрелки размещались между буквой и изображением.

Разрез должен быть отмечен надписью по типу «А – А» (всегда двумя буквами через тире).

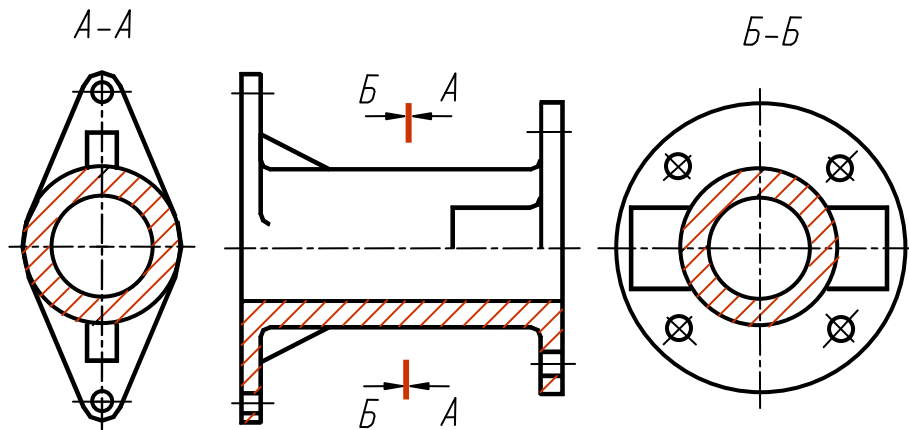


Рис. 8.27

Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, а соответствующие изображения расположены в непосредственной проекционной связи и не разделены изображениями, положение секущей плоскости не отмечают и разрез не сопровождают надписью. (Например, разрез на месте вида слева, рис. 8.22).

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы, как правило, располагают на месте соответствующих основных видов.

Вертикальный разрез (если секущая плоскость не параллельна фронтальной или профильной плоскостям проекций), а также наклонный разрез выполняются и располагаются в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения. Допускается располагать такие разрезы в любом месте чертежа (разрез В – В, рис. 8.23). Их можно поворачивать до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение \odot (разрез А – А, рис. 8.23).

При выполнении ломаных разрезов секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость (рис. 8.28 – 8.30). Направление поворота при этом может не совпадать с направлением взгляда.

Если совмещенные плоскости будут параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез можно помещать на месте соответствующего вида. При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость (рис. 8.28, выступ Б).

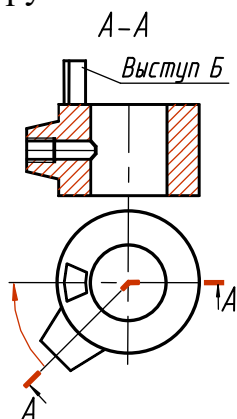


Рис. 8.28

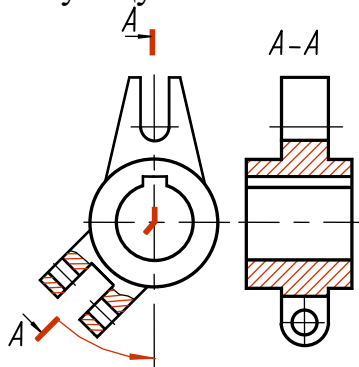


Рис. 8.29

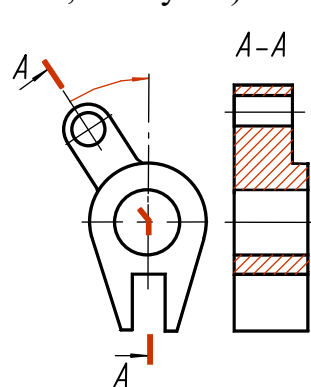


Рис. 8.30

- Если секущая плоскость полностью пересекает предмет, разрез называется *полным* (рис. 8.21, 8.22).

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 (рис. 8.31 – 8.34). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

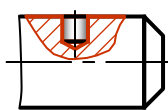


Рис. 8.31

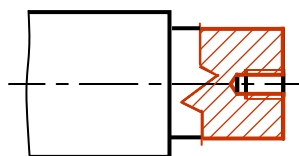


Рис. 8.32

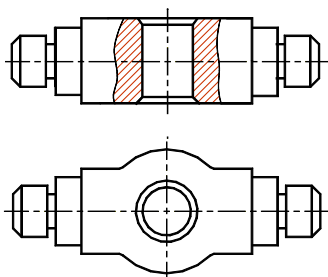


Рис. 8.33

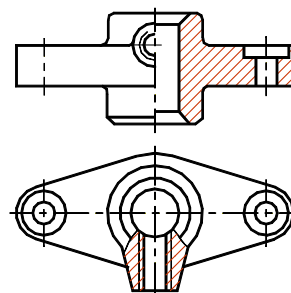


Рис. 8.34

Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом. Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 8.34). Допускается также разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией, совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет тело вращения (рис. 8.35).

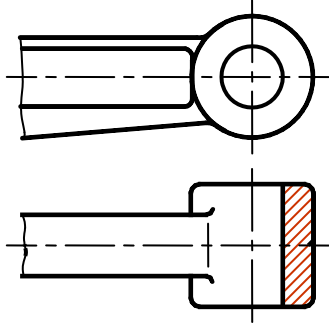


Рис. 8.35

Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов; четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т. п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично (рис. 8.36). Часть изображения, представляющего собой разрез, обычно располагают правее или ниже оси симметрии, разделяющей соединяемые изображения.

Если с осью симметрии изображения совпадает какая-либо линия, например, проекция ребра, то вид от разреза отделяют сплошной волнистой линией (рис. 8.37). Линию проводят правее (если ребро изображается на виде, рис. 8.37, а) или левее (если ребро изображается на разрезе, рис. 8.37, б) оси симметрии.

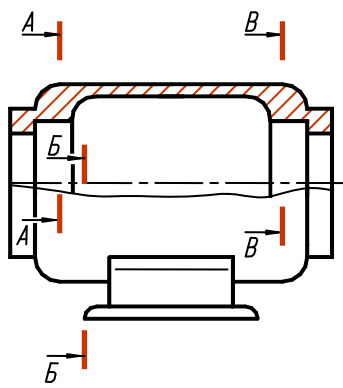


Рис. 8.36

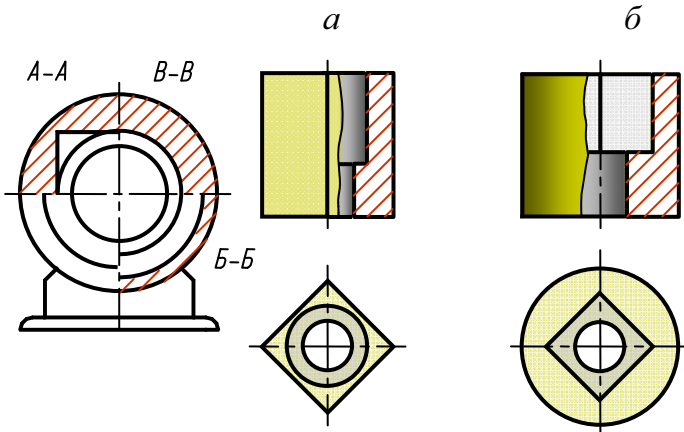


Рис. 8.37

8.4. Сечения

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* (рис. 8.11, 8.38) и *наложенные* (рис. 8.39).

Лучше использовать вынесенные сечения. Их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 8.40).

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, контур наложенного сечения – сплошными тонкими линиями. Контур изображения предмета в месте расположения наложенного сечения не прерывают (рис. 8.39).

Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (рис. 8.39) указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

В случаях, подобных показанным на рис. 8.11 и 8.40, 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» (рис. 8.38).

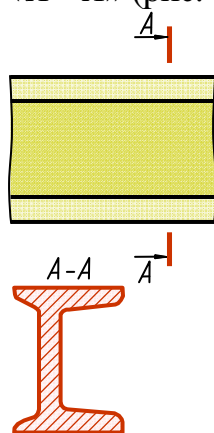


Рис. 8.38

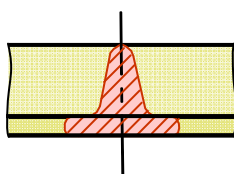


Рис. 8.39

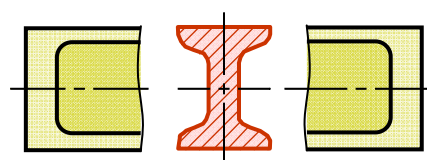


Рис. 8.40

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рис. 8.41) или наложенных (рис. 8.42), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.

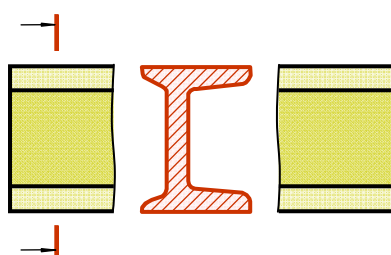


Рис. 8.41

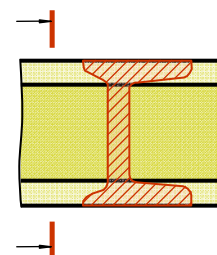


Рис. 8.42

Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (рис. 8.43). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом и с добавлением условного графического обозначения \odot .

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (рис. 8.43, сечения $A - A$ и $B - B$).

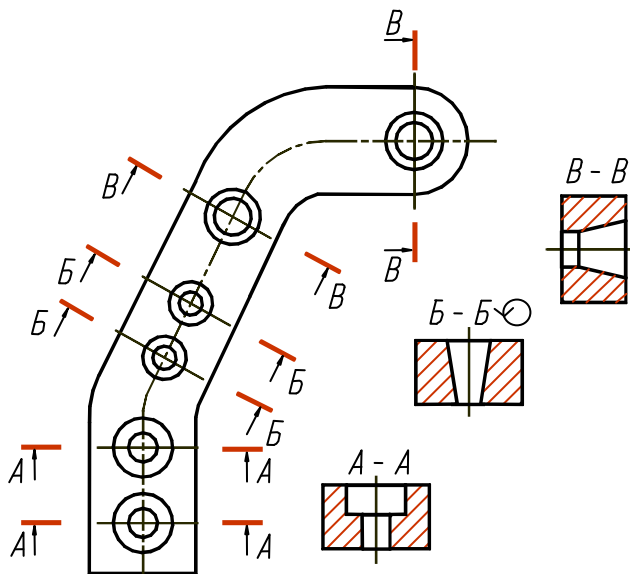


Рис. 8.43

Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами, то условное графическое обозначение \odot не наносят.

Когда расположение одинаковых сечений точно определено изображением или размерами, допускается наносить одну линию сечения, а над изображением сечения указывать количество сечений.

Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (рис. 8.44).

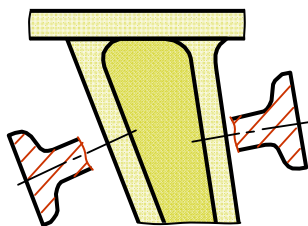


Рис. 8.44

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 8.45).

Если сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то нужно применять разрезы (рис. 8.46).

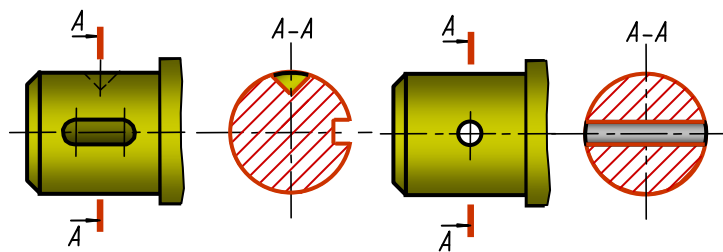


Рис. 8.45

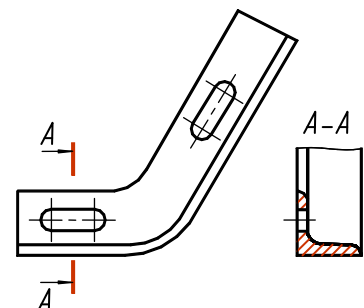


Рис. 8.46

8.5. Условности и упрощения при изображении деталей

Если вид, разрез или сечение представляют симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения (рис. 8.27, 8.48,) или немного более половины изображения с проведением в последнем случае линии обрыва. Если при выполнении разреза соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии. При этом разрез выполняют правее или ниже оси симметрии (рис. 8.49).

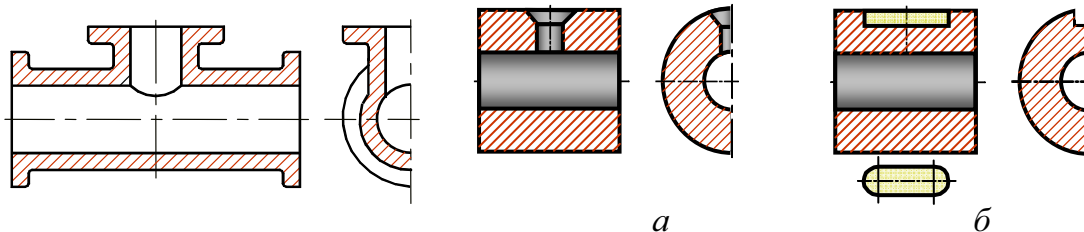


Рис. 8.47

Рис. 8.48

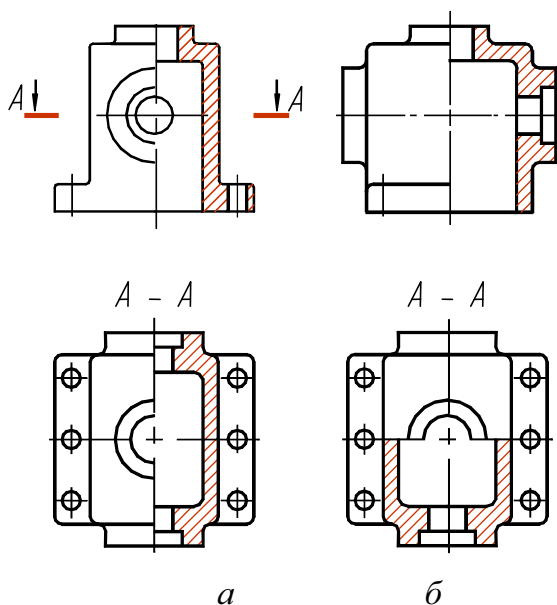


Рис. 8.49

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента (например, одно-два отверстия), а остальные элементы показывают упрощенно или условно (рис. 8.50).

Допускается изображать часть предмета (рис. 8.51) с указаниями о количестве элементов, их расположении.

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии (рис. 8.47, 8.48).

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии (рис. 8.47, 8.48).

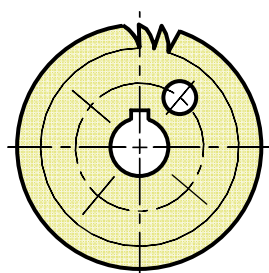


Рис. 8.50

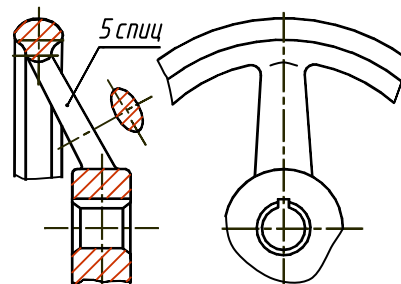


Рис. 8.51

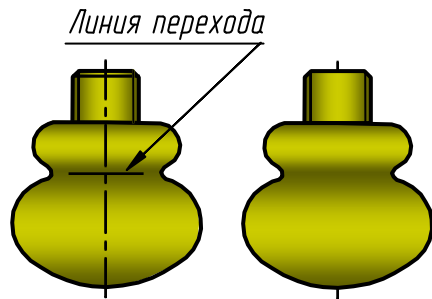


Рис. 8.52

Плавный переход от одной поверхности к другой показывается условно или совсем не показывается (рис. 8.52).

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, на сборочных чертежах гайки и шайбы показываются нерассеченными.

Такие элементы, как спицы маховиков и шкивов, зубья зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т.п., показываются незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (рис. 8.51, 8.53).

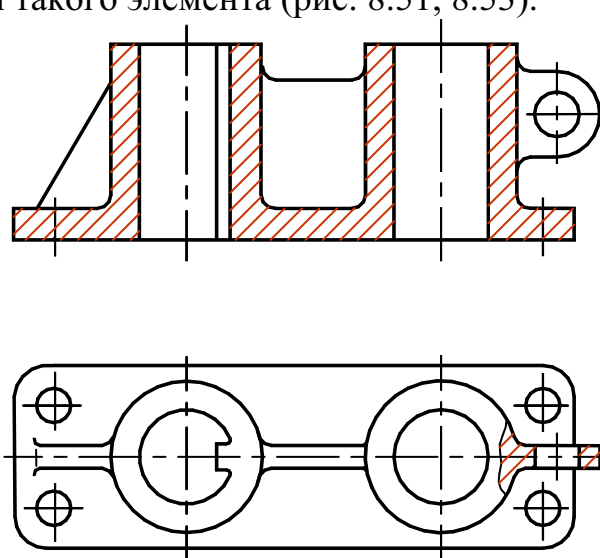


Рис. 8.53

Если в подобных элементах детали имеется местное сверление, углубление и т. п., то делают местный разрез.

Элементы деталей, имеющие размеры (или разницу в размерах) на чертеже 2 мм и менее, допускается изображать с небольшим увеличением, отступая от масштаба, принятого для всего изображения.

Незначительную конусность или уклон так же допускается изображать с увеличением.

На тех изображениях, на которых уклон или конусность отчетливо не выявляются (например, на виде сверху, рис. 8.54), проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном или меньшему основанию конуса.

На чертежах предметов со сплошной сеткой, плетенкой, орнаментом, рифлением, накаткой и т. д. допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением (рис. 8.55).

Если необходимо выделить на чертеже плоские поверхности предмета, то на них проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рис. 8.55).

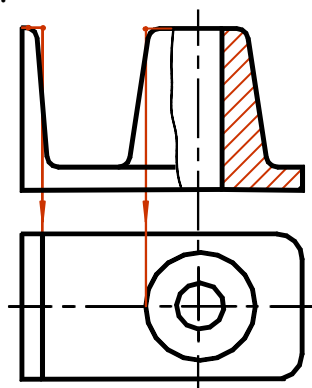


Рис. 8.54

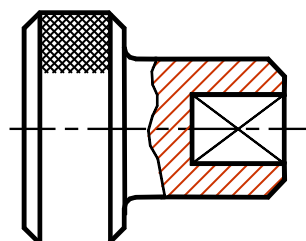


Рис. 8.55

Предметы или элементы, имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т.п.), допускается изображать с разрывами (рис. 8.56).

Частичные изображения и изображения с разрывами ограничивают одним из следующих способов:

а) сплошной тонкой линией с изломом, которая может выходить за контур изображения на длину от двух до четырех мм. Эта линия может быть наклонной относительно линии контура (рис. 8.56, а);

б) сплошной волнистой линией, соединяющей соответствующие линии контура (рис. 8.56, б);

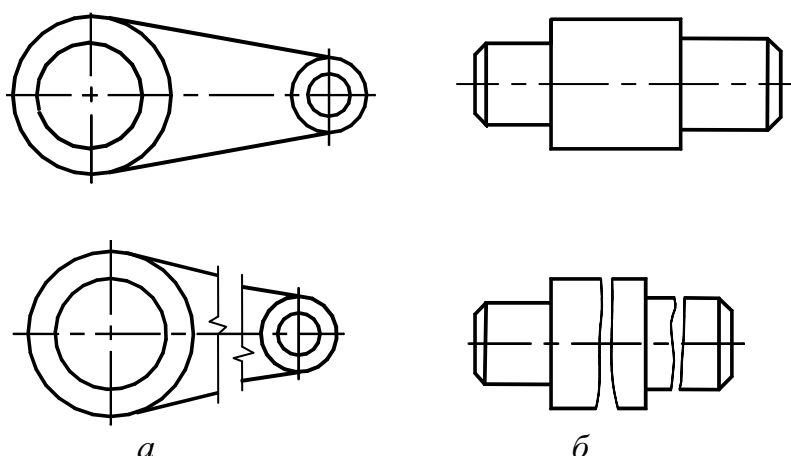


Рис. 8.56

Для упрощения чертежей или сокращения количества изображений допускается:

а) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе («наложенная проекция», рис. 8.57);

б) применять сложные разрезы (рис. 8.24, 8.25);

в) для показа отверстия в ступицах зубчатых колес, шкивов и т. п., а также для шпоночных пазов вместо полного изображения детали давать лишь контур отверстия (рис. 8.58) или паза (рис. 8.48, б);

г) изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость (рис. 8.27).

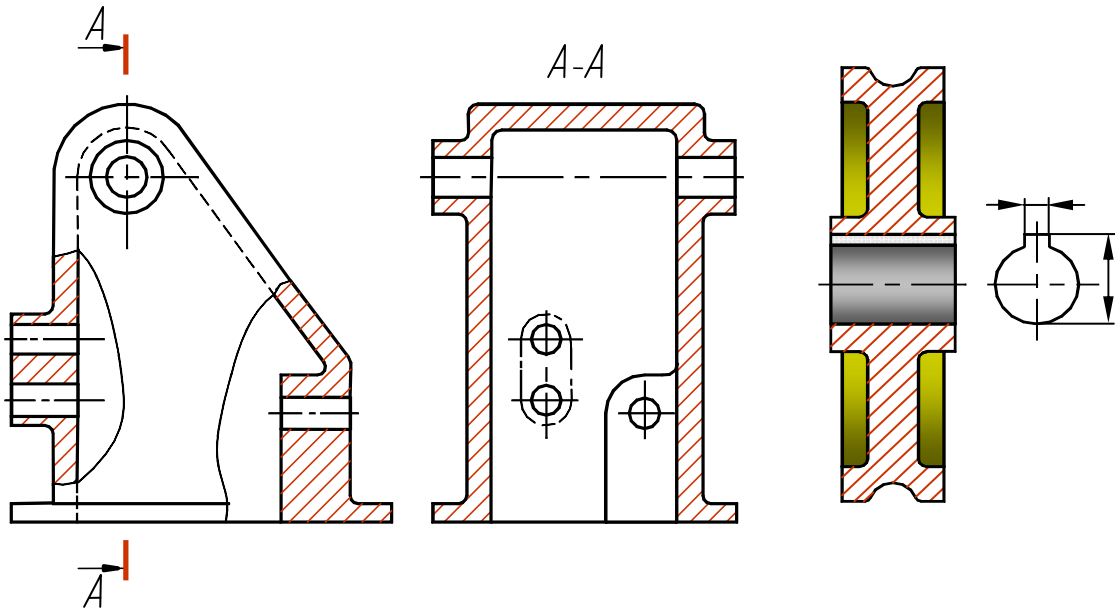


Рис. 8.57

Рис. 8.58

Если вид сверху не является необходимым и чертеж состоит из изображений на фронтальной и профильной плоскостях проекций, то при ступенчатом разрезе линия сечения и надписи, относящиеся к разрезу, наносятся так, как показано на рис. 8.59.

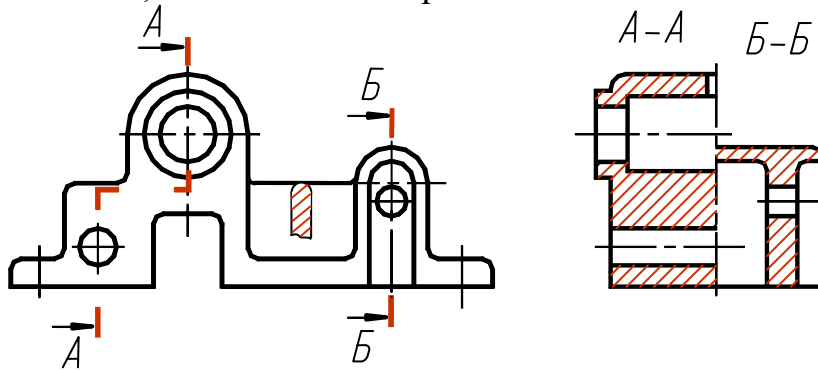


Рис. 8.58

Условности и упрощения, допускаемые в неразъемных соединениях, в чертежах электротехнических и радиотехнических устройств, зубчатых зацеплений и т.д., устанавливаются соответствующими стандартами.

8.6. 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. Он может отличаться от основного изображения по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом).

При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией — окружностью, овалом и т.п., обозначая выносной элемент прописной буквой русского алфавита на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывают обозначение и масштаб, в котором он выполнен (рис. 8.60).

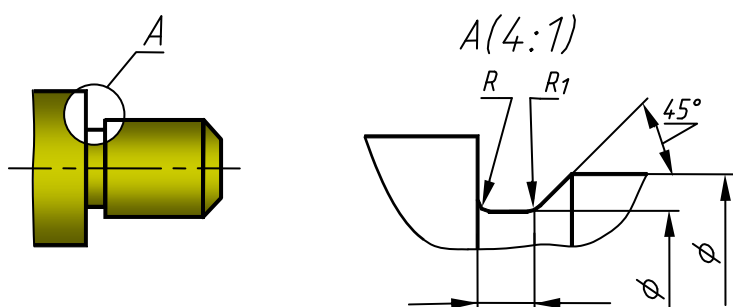


Рис. 8.60

Выносной элемент располагают на чертеже как можно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

8.7. Примеры построения изображений детали

Рассмотрим несколько примеров выполнения изображений деталей.

Пример 1. По аксонометрическому изображению построить чертеж детали (рис. 8.61), то есть построить необходимое количество видов и выполнить на них разрезы для выявления внутреннего устройства детали.

Проведем предварительный анализ поверхностей, ограничивающих изделие, и определим, сколько изображений – видов и разрезов – необходимо выполнить.

Заданная деталь состоит из четырехгранной призмы – основания 1 с четырьмя цилиндрическими сквозными отверстиями 2. На призме установлен цилиндр 3, поддерживаемый с двух сторон ребрами жесткости 4 клиновидной формы. Внутри детали имеется вертикальное цилиндрическое ступенчатое сквозное отверстие 5.

Количество видов должно быть минимальным, но достаточным для понимания конструкции детали. В данном примере достаточно двух видов – главного (вида спереди) и вида сверху (рис. 8.62). При выборе главного вида необходимо помнить, что он должен давать наиболее полное представление о детали.

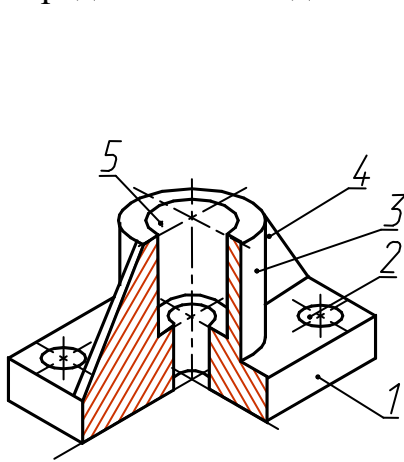


Рис. 8.61

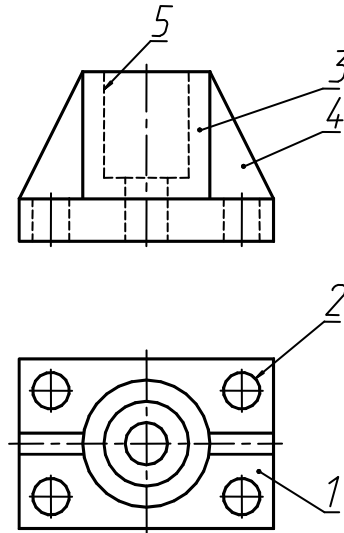


Рис. 8.62

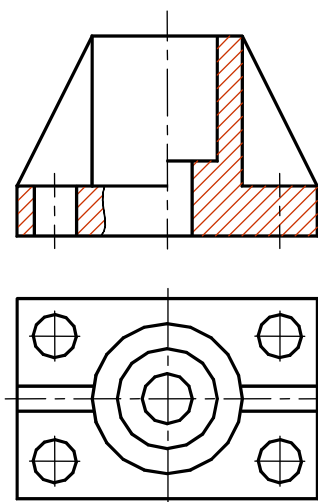


Рис. 8.63

Для изображения внутренних форм изделия достаточно выполнить два разреза. Простой фронтальный, совпадающий с плоскостью симметрии детали и поэтому не требующий обозначения. И местный разрез для выявления отверстий в основании детали. На разрезе не заштриховано ребро жесткости 4, так как секущая плоскость направлена вдоль него (рис. 8.63).

Так как деталь симметрична относительно вертикальной оси, на главном виде соединены половина вида с половиной разреза, границей между которыми является осевая линия.

Пример 2. Внесем изменения в конструкцию детали. В основании вместо четырех цилиндрических отверстий выполним два призматических паза. На поверхности внешнего цилиндра сделаем плоские срезы – лыски (рис. 8.64).

Чтобы показать на чертеже внешние и внутренние элементы этой детали, следует выполнить три вида с разрезами (рис. 8.65).

При построении изображений детали на листе формата чертежной бумаги сначала проводим линии рамки чертежа. Выполняем основную надпись и дополнительную графу.

Затем выделяем место для каждого изображения, учитывая их проекционную связь и равномерное заполнение поля чертежа.

Проводим осевые линии изображений и тонкими линиями вычерчиваем заданные виды.

Выполняем разрез на главном виде, а затем разрез на виде слева. Выполняя штриховку, выдерживаем одинаковым направление и расстояние между параллельными линиями штриховки на всех изображениях.

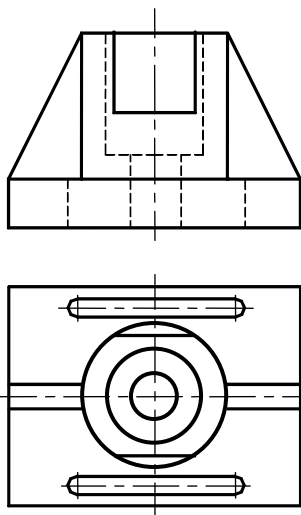


Рис. 8.64

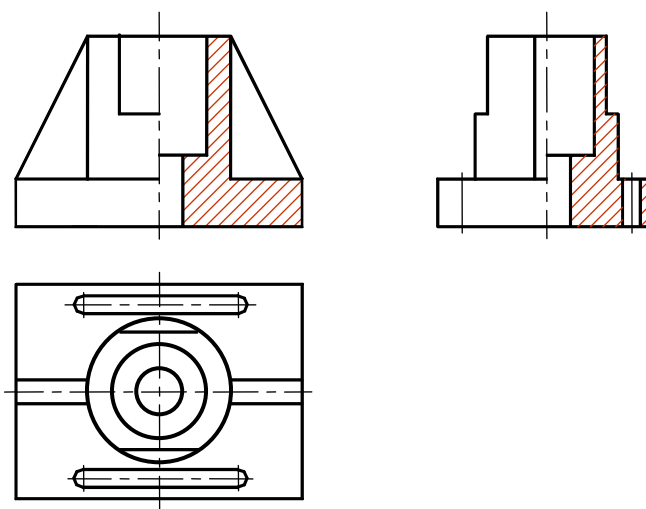


Рис. 8.65

Удаляем лишние линии построения.

Обводим чертеж линиями требуемой толщины и начертания.

Заполняем основную надпись и дополнительную графу.

Проверяем правильность чертежа.

Пример 3. Построение наклонного сечения.

Наклонные сечения получают от пересечения предмета плоскостью, составляющей с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

На чертеже наклонные сечения выполняют по типу вынесенных сечений и в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения.

Построение наклонных сечений основано на применении способа замены плоскостей проекций, рассмотренного в главе 4. При построении сечений в черчении новую ось и плоскость проекций не обозначают. Не является обязательным и строгое соблюдение проекционной связи между фигурой сечения и изображением, где задан след секущей плоскости (как на рис. 8.66, *а*). Фигуру сечения можно расположить в любом удобном месте поля чертежа (рис. 8.66, *б*, *в*). При этом обозначение сечения должно сопровождаться знаком \oslash , если ориентация сечения на чертеже не соответствует направлению взгляда, указанному стрелками на штрихах линии сечения (рис. 8.66, *в*).

Перед построением наклонного сечения необходимо определить, какие поверхности ограничивают деталь и какие линии получаются от пересечения этих поверхностей с секущей плоскостью. Наклонное сечение детали строится как совокупность наклонных сечений составляющих ее геометрических тел.

При анализе конструкции детали, изображенной на рис. 8.61, мы выяснили, что деталь ограничивают призматические и цилиндрические поверхности. Мысленно расчленим ее на составляющие поверхности и строим поочередно пересечение плоскости с каждой из этих поверхностей. При сечении плоскостью призматического основания детали в сечении получаем прямоугольник, который ограничен точками 1, 2, 3, 4 (рис. 8.66, *а*). Пересекая верхнее основание призмы, секущая плоскость пересекает образующие внешнего цилиндра также в точках 5 и 6. Сечение цилиндрической поверхности наклонной плоскостью – это эллипс. В данном случае эллипс будет неполным, так как секущая плоскость пересекает не все образующие цилиндра. Одновременно с внешней цилиндрической поверхностью секущая плоскость пересекает внутреннее цилиндрическое отверстие, имеющее переменный диаметр, и ребро жесткости призматической формы.

Обозначаем все точки, в которых секущая плоскость $A - A$ пересекает очерковые линии наружных и внутренних поверхностей детали, а также осевые линии изображений (точки 1, 2, ..., 21, 22).

Находим горизонтальные проекции точек на виде сверху, используя линии связи и принадлежность их соответствующим поверхностям.

Фигура сечения имеет ось симметрии. На свободном месте чертежа проводим ось параллельно следу секущей плоскости $A - A$. Из точек 1', ..., 22' перпендикулярно следу плоскости проводим линии связи. Из точек их пересечения с осью в обе стороны от нее откладываем у коор-

динаты точек, например y_1 и y_2 для точек 1 и 2 (рис. 8.66, а), сначала для внешнего контура, а затем для внутреннего. Соединяем полученные точки и заштриховываем сечение.

Можно построить сечение, располагая его ось симметрии горизонтально (рис. 8.66, в). В этом случае на оси симметрии откладываем расстояния, равные расстояниям между фронтальными проекциями точек. Затем проводим линии, перпендикулярные к оси. На этих линиях откладываем у координаты точек, как и в первом случае. Соединяем полученные точки. Заштриховываем сечение и обозначаем его.

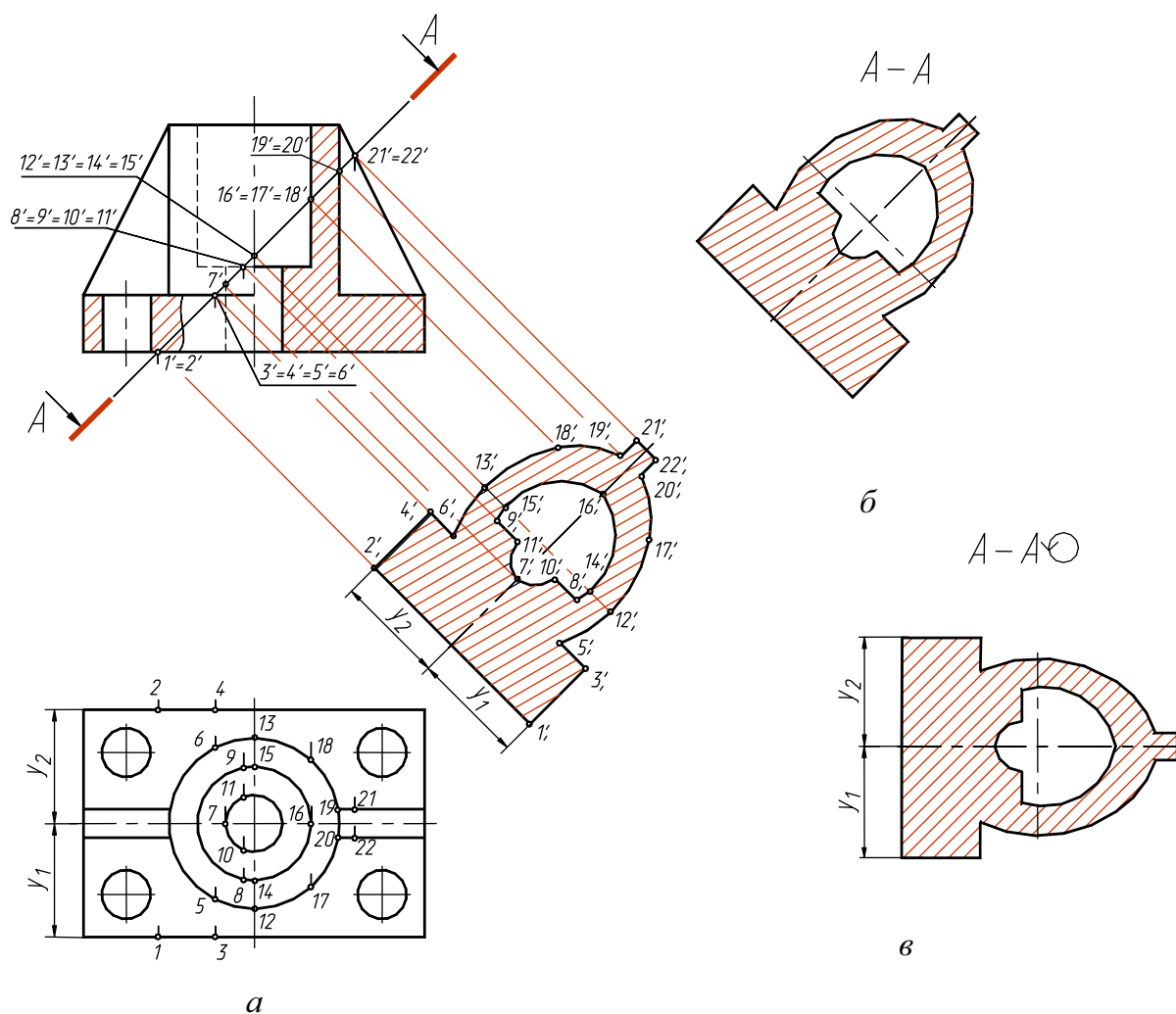


Рис. 8.66

Вопросы для самоконтроля

1. Какие вы знаете основные виды? Как их располагают на чертеже?
2. Каковы правила обозначения видов, расположенных вне проекционной связи с главным видом?
3. Какое изображение называют дополнительным видом, местным видом? Когда их применяют и как обозначают на чертеже?
4. Какое изображение называют разрезом? Как классифицируются разрезы?
5. Какой разрез называют местным?
6. В каких случаях не обозначают разрезы?
7. Какими буквами обозначают разрезы?
8. Как подразделяют сложные разрезы?
9. Каковы особенности выполнения сложных разрезов?
10. В каких случаях разрешается соединять половину вида с половиной разреза?
11. Какой линией отделяют местный разрез от вида?
12. Какие элементы предмета на разрезе показывают условно не заштрихованными?
13. Какое изображение называют сечением? Как изображают и обозначают сечение на чертеже?
14. Какие упрощения применяют на чертежах при нанесении проекций линий пересечения поверхностей?
15. Какое изображение называют выносным элементом? Как он выполняется на чертежах?

Глава 9

НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

Основанием для суждения о величине изображенного предмета служат только числовые размеры. Числовые размеры не зависят от масштаба и точности выполнения чертежа.

Для того чтобы нанести размеры на чертеже, необходимо:

- во-первых, правильно *задать* их в соответствии с назначением предмета и условиями его изготовления;
- во-вторых, графически правильно *нанести* эти размеры на чертеже.

В настоящей главе рассматриваются правила нанесения размеров на чертежах, установленные ГОСТом 2.307-68.

Размерные и выносные линии. Размерные числа

Размеры на чертежах указывают *размерными числами* (числовыми величинами, определяющими данный размер) и *размерными линиями*, служащими для указания направлений и границ измерений. Для линейных размеров размерные линии проводят параллельно отрезку, размер которого указывается (рис. 9.1 и 9.2).

Размерные линии примыкают своими стрелками к границам измерений. Границами измерений могут быть специально для этого предназначенные *выносные линии*, а также контурные, осевые и центровые линии.

Выносные линии должны выступать за концы стрелок размерной линии приблизительно на 2 – 3 мм.

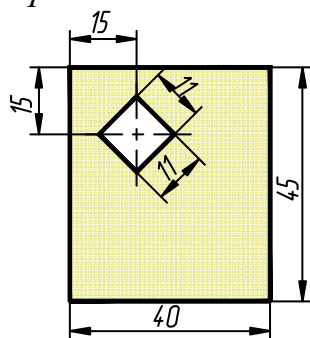


Рис. 9.1

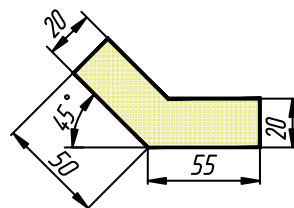


Рис. 9.2

Величину стрелки размерной линии выбирают в зависимости от толщины s сплошной толстой основной линии, принятой для данного чертежа. Рекомендуется длину стрелки принимать равной $(4-5)s$ или как на рис. 9.3. На чертеже величины стрелок должны быть приблизительно одинаковыми для всех размеров.

Расстояние между размерной линией и параллельной ей линией контура (осевой, центральной) должно быть 10 мм. При нанесении на чертеже параллельных размерных линий расстояние между ними должно быть не менее 7 мм (рис. 9.4).

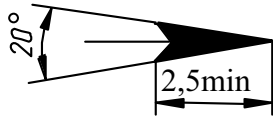


Рис. 9.3

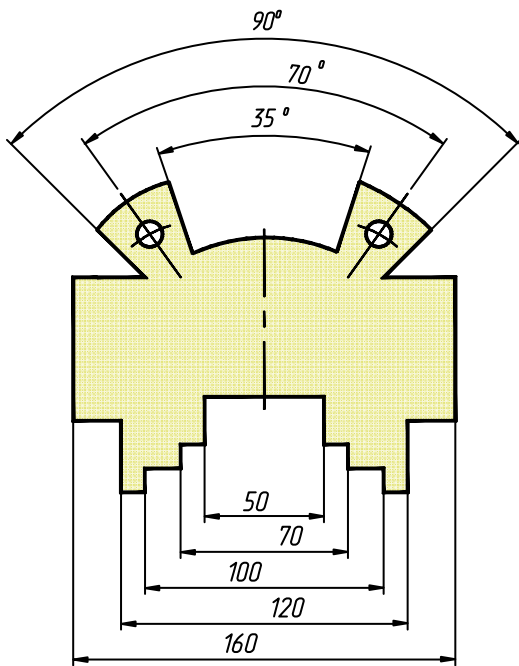


Рис. 9.4

В качестве размерных линий нельзя использовать контурные, осевые, центровые и выносные линии. Размерная линия не должна служить продолжением контурной, осевой, центральной или выносной линий. Недопустимо также примыкание стрелок размерных линий к точкам пересечения каких-либо линий чертежа и к точкам сопряжения дуг, дуг и прямых.

Если на чертеже недостаточно места для стрелки, так как близко расположена контурная или выносная линия, то линию рекомендуется прерывать (рис. 9.5).

Линейные размеры указывают в миллиметрах. Единицу измерения (мм) на чертеже не наносят. Если линейные размеры необходимо задать в других единицах измерения, то наименование единиц должно быть указано при размерном числе (например: 20 см; 3 м) или в соответствующем примечании на чертеже (в технических требованиях). Размерные числа показывают действительную величину изделия и не зависят от масштаба изображения.

Размерное число наносят над размерной линией параллельно ей и как можно ближе к ее середине.

При нанесении размеров следует избегать пересечения выносных и размерных линий. Ближе к контуру располагают меньший размер. Затем наносят большие размеры в порядке возрастания их величины. При изображении нескольких параллельных размерных линий размерные числа над ними не рекомендуется располагать одно под другим. Их смещают в разные стороны, располагая в шахматном порядке (рис. 9.4).

Расстояние между размерной линией и размерным числом принимают равным приблизительно 1 – 1,5 мм. При вертикальном или на-

Рис. 9.5

клонном расположении линий размерные числа линейных размеров наносят так, как показано на рис. 9.6. Если размерная линия находится в зоне, которая на рис. 9.6 заштрихована, то соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски. Например, как на рис. 9.7.

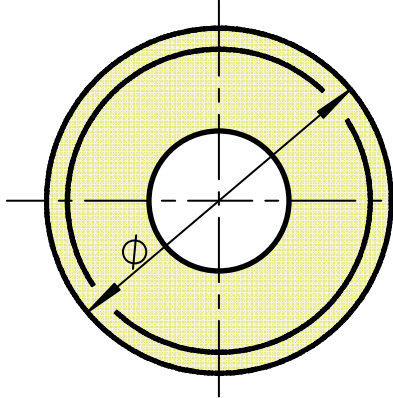


Рис. 9.5

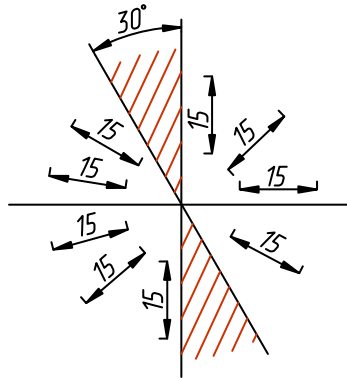


Рис. 9.6

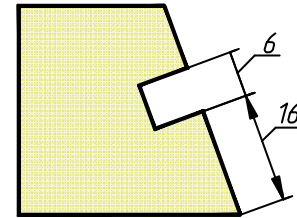


Рис. 9.7

Размерные числа нельзя пересекать или разделять какими бы то ни было линиями чертежа. Нельзя допускать, чтобы размерное число касалось линии чертежа. При необходимости написания размерного числа на осевой линии или заштрихованном поле осевую линию и линии штриховки следует прерывать (рис. 9.8). Другие линии в месте написания размерного числа прерывать нельзя. Также нельзя при нанесении размерного числа делать разрыв в месте пересечения центровых или осевых линий (рис. 9.9).

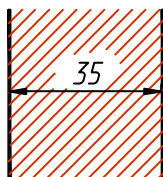
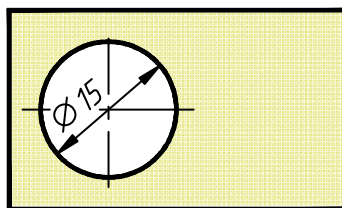
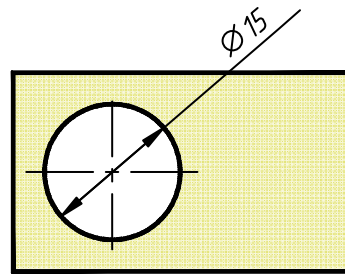


Рис. 9.8



а



б

Рис. 9.9

Размерную линию, определяющую величину угла, проводят между сторонами угла в виде дуги, описанной из вершины угла (рис. 9.10). Размерные числа, выражающие величину угла, указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единиц измерения. Их надписывают над размерной линией так, как показано на рис. 9.10 и 9.11. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа наносят над размерными линиями со стороны их выпуклости, в зоне ниже горизонтальной осевой линии – со стороны вогнутости размерных ли-

ний. Если размерное число попадает в зону, которая на рис. 9.11 заштрихована, то его наносят на полке линии-выноски. На полках линий-выносок помещают и размерные числа при недостатке места для малых углов независимо от того, в какой зоне эти числа находятся (угол 5° , рис. 9.11).

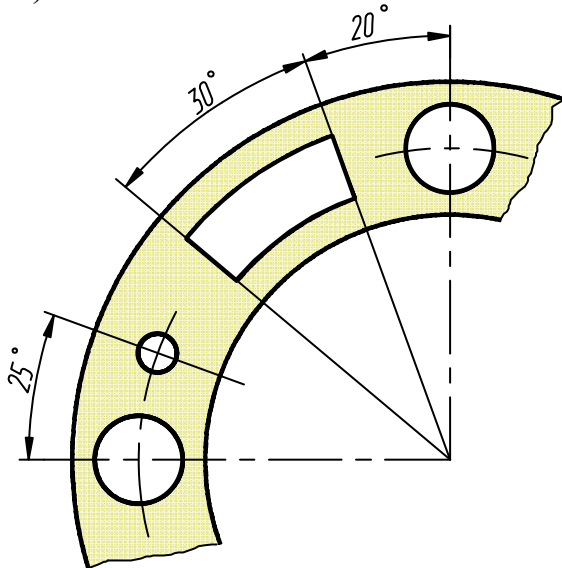


Рис. 9.10

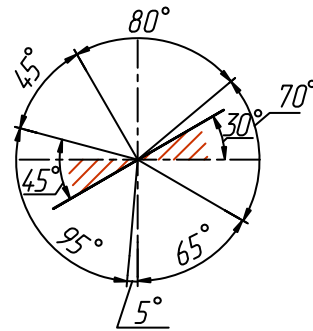


Рис. 9.11

При разрыве изображения размерную линию проводят полностью (размер a , рис. 9.12).

Если расстояние между границами измерений на чертеже небольшое, то стрелки размерных линий в промежутке не умецаются. В этом случае применяют встречные стрелки (размеры b и c , рис. 9.13). Обычно их применяют, когда расстояние между границами измерений менее длины трех стрелок. В качестве встречных стрелок можно использовать стрелки от смежных размерных линий (размер b , рис. 9.14). Размерные линии между встречными стрелками прерывать нельзя. Если промежуток между границами измерений мал (или занят другими элементами изображения) и вписать в него размерное число невозможно, то размерное число наносят по одному из вариантов, показанных на рис. 9.15 и 9.16.

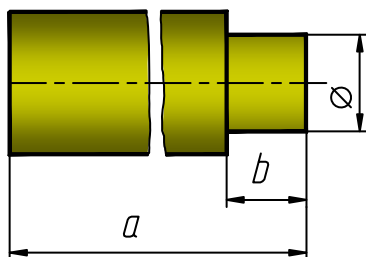


Рис. 9.12

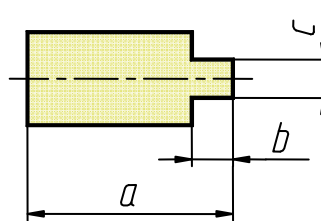


Рис. 9.13

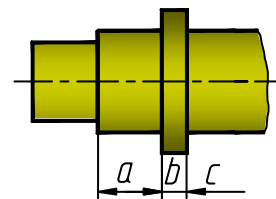


Рис. 9.14

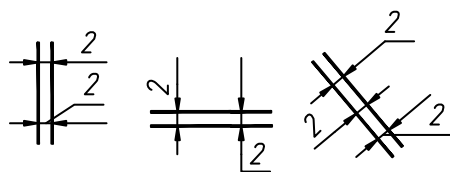


Рис. 9.15

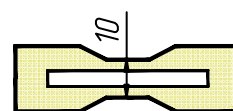


Рис. 9.16

При нанесении на чертеже группы смежных малых размеров стрелки заменяют четко наносимыми точками или штрихами на выносных линиях (рис. 9.17). Штрихи наносят под углом 45° к размерным линиям. Точки и штрихи на контурных линиях ставить нельзя. Размеры в этом случае наносят так, как показано на рис. 9.18.

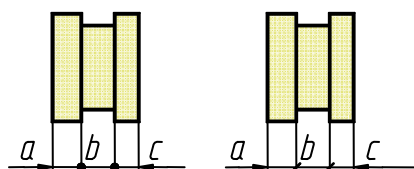


Рис. 9.17

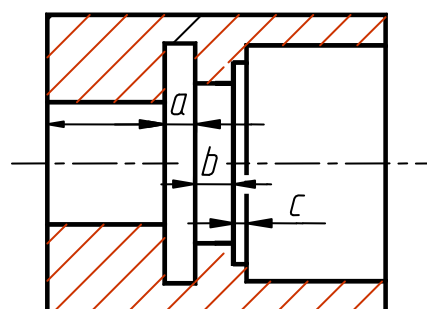


Рис. 9.18

Если на чертеже изображена только одна граница измерений, например, при соединении вида с разрезом (рис. 9.19, а) или при виде с обрывом симметричного предмета (рис. 9.19, б), то размерные линии проводят не полностью, с обрывом (размеры $\varnothing 10$, $\varnothing 20$ и 90° , рис. 9.19, а; размер 20, рис. 9.19, б). Обрыв размерной линии производят за осью симметрии изображения на расстоянии 6 – 10 мм от оси. Размерное число наносят возможно ближе к оси симметрии и предпочтительно между ней и контурной или выносной линией. В приведенных примерах размерные числа $\varnothing 10$ и $\varnothing 20$, 90° и 20 определяют расстояние между двумя симметрично расположенными элементами, а не величину удаления элементов от оси симметрии изображения.

Допускается также применять обрыв размерной линии при указании размера диаметра окружности, даже если она изображена полностью. Обрыв размерной линии при этом производят за центром окружности (рис. 9.19, в)

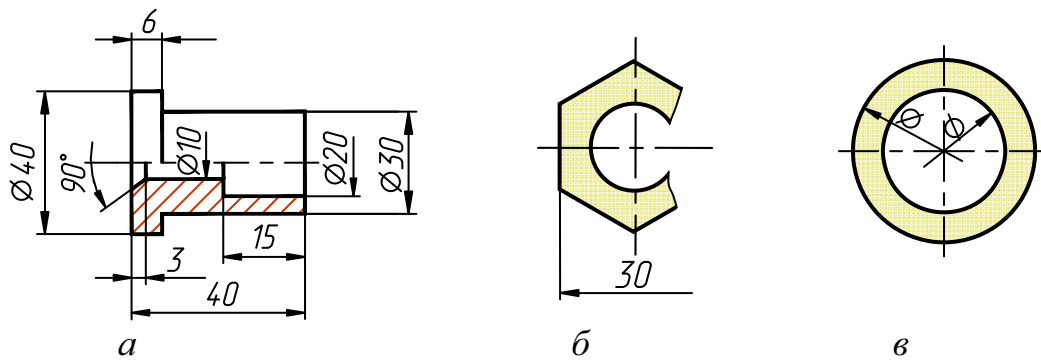


Рис. 9.19

Выносные и размерные линии, как правило, должны быть взаимно перпендикулярны. Однако когда выносные линии составляют с контурными очень малый угол (размеры $\varnothing 25$ и $\varnothing 28$, рис. 9.20), выносные линии проводят не под прямым углом к размерным. Размерную линию при этом проводят как обычно – параллельно тому отрезку, размер которого указывают. Из сравнения рис. 9.20, *a* и рис. 9.20, *б* видно, что те места чертежа, где выносные линии проведены под углом к размерным, читаются легче.

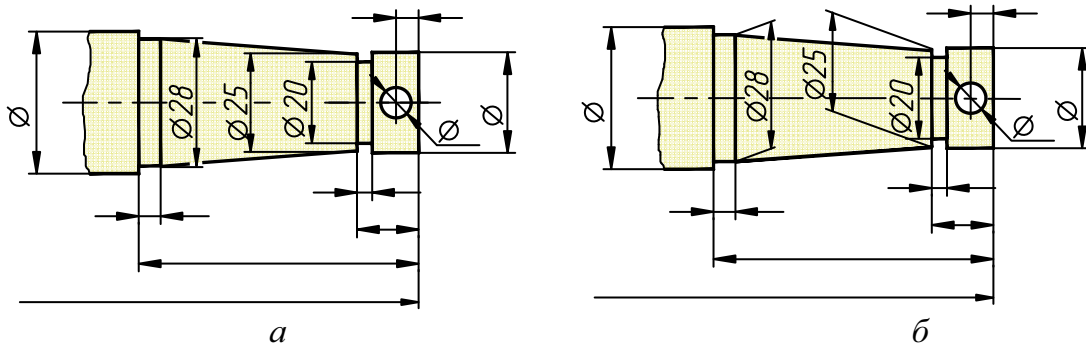


Рис. 9.20

Чтобы упростить выполнение и чтение чертежа, размеры диаметров цилиндрических поверхностей сложной конфигурации допускается наносить так, как показано на рис. 9.21, *a*. Если нужно задать координаты вершин скругляемого угла (рис. 9.21, *б*), построение вершины угла выполняют сплошными тонкими линиями.

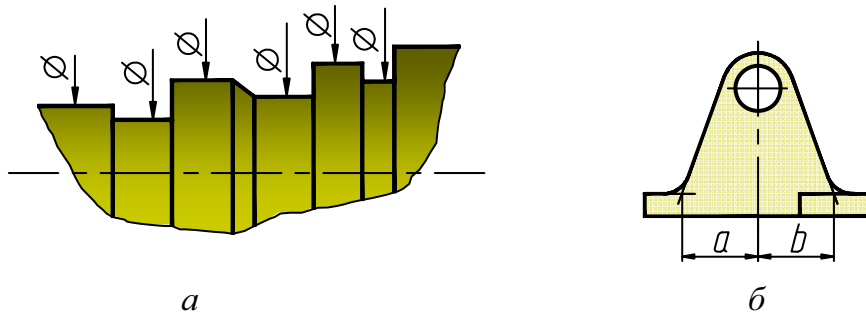


Рис. 9.21

В качестве выносных линий можно использовать и дуги окружностей (рис. 9.10). В этом случае размерная линия должна совпадать с направлением радиуса дуг.

Условные знаки

На чертежах наиболее часто встречаются следующие условные знаки:

∅ - диаметр; R - радиус; \frown - дуга окружности; ○ - сфера;
 □ - квадрат; ∠ - уклон; \triangleleft - конусность.

Диаметр. Перед размерным числом, определяющим диаметр, во всех без исключения случаях наносят знак ∅, например: ∅50. Между знаком ∅ и размерным числом никаких добавочных знаков не ставят. Нельзя также делать пропуск между знаком и числом. Размерная линия диаметра может быть нанесена как на изображении, где окружность или ее часть проецируются в истинном виде (∅40, рис. 9.22), так и на изображении, где они проецируются в виде прямой (∅20, рис. 9.22).

На рис. 9.23 приведено несколько примеров нанесения размеров диаметров. Некоторые из них вынесены на полки. Полки проведены горизонтально и образованы за счет излома самой размерной линии. Следует иметь в виду, что место излома должно располагаться на некотором расстоянии от стрелки.

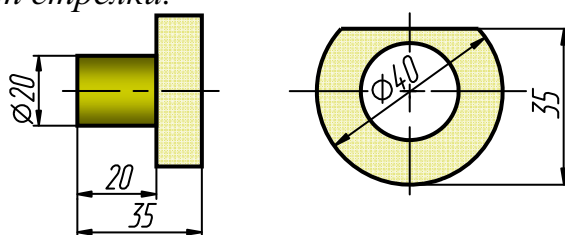


Рис. 9.22

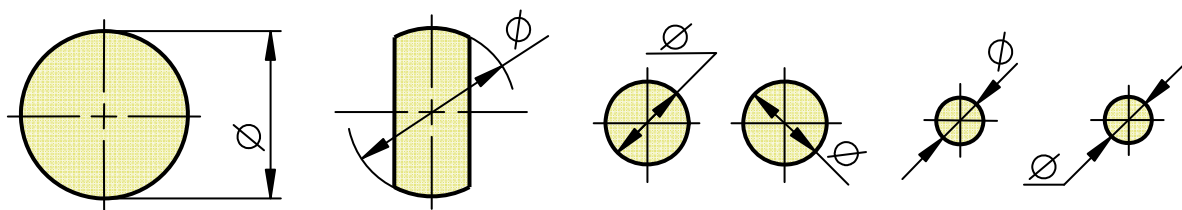


Рис. 9.23

Радиус. Перед размерным числом, определяющим радиус, во всех случаях наносят знак – букву R, например, R25. Так же, как и для диаметров, между знаком R и размерным числом не ставят никаких добавочных знаков. Размерную линию радиуса наносят на том изображении, где дуга проецируется в истинном виде. Размерная линия радиуса должна располагаться в направлении истинного радиуса и оканчиваться одной стрелкой. Стрелка примыкает к контурной (рис. 9.24, а) или вы-

носной (рис. 9.24, б) линии. При небольших радиусах скруглений стрелку рекомендуется располагать с внешней стороны дуги (рис. 9.25, а, б).

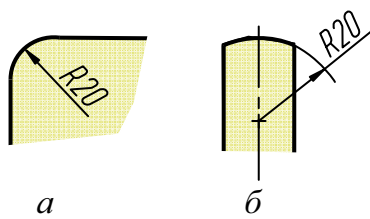


Рис. 9.24

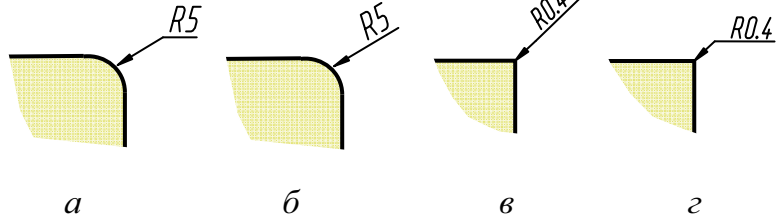


Рис. 9.25

Дуги окружностей (скругления), величина радиуса которых (на чертеже) равна 1 мм и менее, на чертежах не изображают. Размеры наносят, как показано на рис. 9.25, в, г.

Если положение центра дуги должно быть задано, то его отмечают пересечением центровых (рис. 9.24, б) или выносных линий (рис. 9.26). При изображении на чертеже дуги большого радиуса, центр которой отмечать не обязательно, размерную линию можно обрывать, не доводя до центра ($R140$, рис. 9.27).

В том случае, когда центр дуги большого радиуса должен быть отмечен, допускается приближать его к дуге. Размерную линию при этом показывают с изломом (рис. 9.28). Оба участка размерной линии должны быть параллельны между собой, а линия излома составлять с ними 90° .

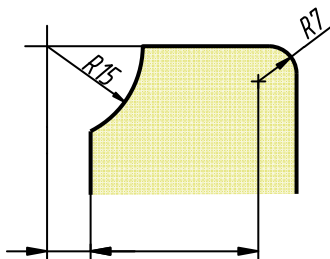


Рис. 9.26

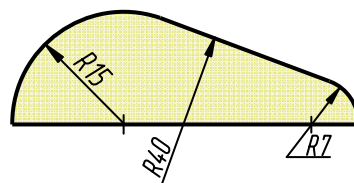


Рис. 9.27

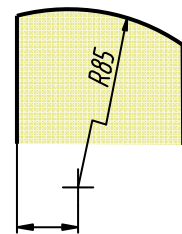


Рис. 9.28

При проведении из одного центра нескольких размерных линий радиусов их нужно располагать не на одной прямой (рис. 9.29, а). Если величины нескольких радиусов одинаковы, то допускается указывать их на одной общей полке (рис. 9.29, б, в).

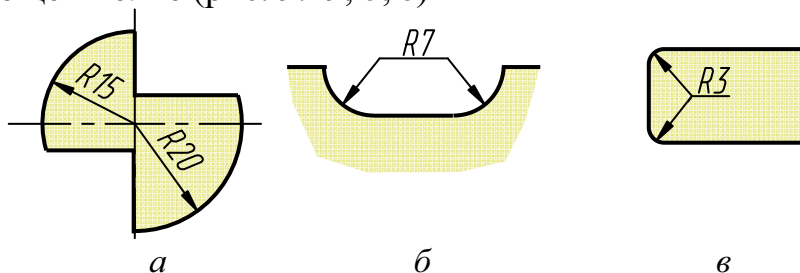


Рис. 9.29

Следует отметить, что радиусами задают дуги, имеющие характер закругления контура, а также дуги, величина которых составляет 180° и менее. Полные окружности и дуги, величина которых составляет более 180° , задают диаметрами даже в том случае, если эти окружности или дуги имеют разрывы (рис. 9.30).

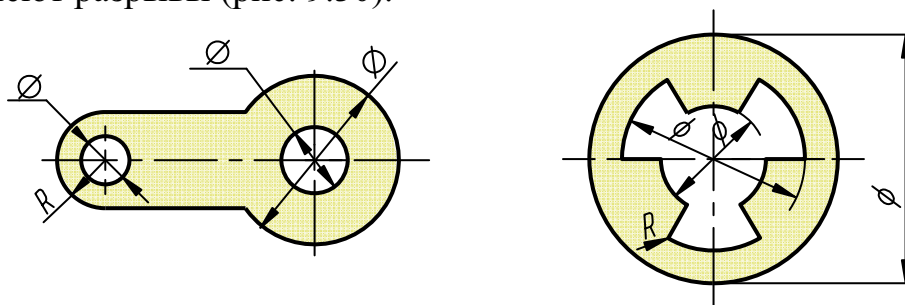


Рис. 9.30

Если знак диаметра или радиуса применен для указания размера сферы, то в тех случаях, когда по чертежу трудно отличить сферу от других поверхностей, перед знаком допускается добавлять слово «Сфера» или знак «○». Например: «Сфера $\text{Ø}20$ », «Сфера $R\ 12$ », «○ $R12$ ».

Взаимное расположение двух точек на дуге данного радиуса можно определить длиной хорды a , углом α или длиной дуги l (рис. 9.31).

Размерную линию, определяющую длину дуги, проводят concentricно дуге, а выносные линии – параллельно биссектрисе угла. Над размерным числом наносят знак « \frown » (рис. 9.31). Длину дуги задают в линейных единицах. Размерное число надписывают над размерной линией.

Квадрат. Перед размерным числом, определяющим сторону квадрата, ставят знак « \square ». Высота знака равна высоте размерных чисел на чертеже. Знак наносят, как правило, на том изображении, где квадрат проецируется в линию (рис. 9.32). Если размеры квадрата показывают на том изображении, где он спроецирован в натуральную величину, то их нужно наносить так, как показано на рис. 9.33.

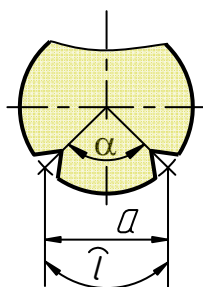


Рис. 9.31

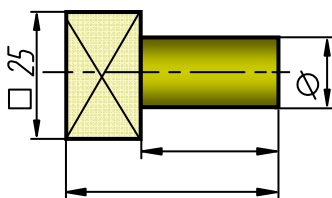


Рис. 9.32

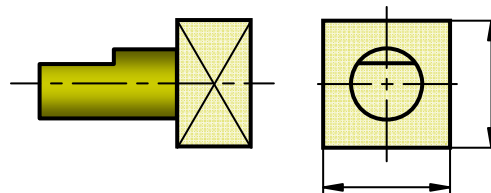


Рис. 9.33

Уклон. Уклон прямой по отношению к какому-либо направлению, принятому за основное, измеряется тангенсом угла или самим углом между ними. Например, уклон прямой AB относительно прямой AC равен $\operatorname{tg}\alpha$ (рис. 9.34). Следовательно, *уклоном называется отношение катетов прямоугольного треугольника.*

Для того чтобы построить заданный уклон, например, 1:5, можно вычертить прямоугольный треугольник с катетами, равными 10 и 50 мм. Гипотенуза треугольника будет наклонена под заданным уклоном (рис. 9.35).

Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак \angle , острый угол которого направлен в сторону уклона. Знак и величину уклона наносят на полке линии-выноски, оканчивающейся стрелкой (рис. 9.36). Уклон задается отношением, например: $\angle 1:3$.

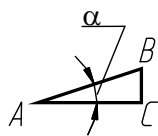


Рис. 9.34

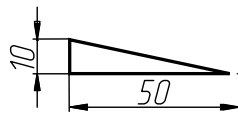


Рис. 9.35

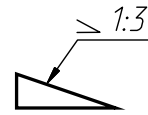


Рис. 9.36

Конусность. Под конусностью понимают отношение разности диаметров оснований усеченного конуса к его высоте: $K=(D_1 - D_2)/H$ или отношение диаметра основания полного конуса к его высоте.

Перед размерным числом, определяющим конусность, наносят знак конусности \triangleleft . Вершина знака направлена в сторону вершины конуса (рис. 9.37). Знак и величину конусности наносят на полке линии-выноски или над осью конуса.

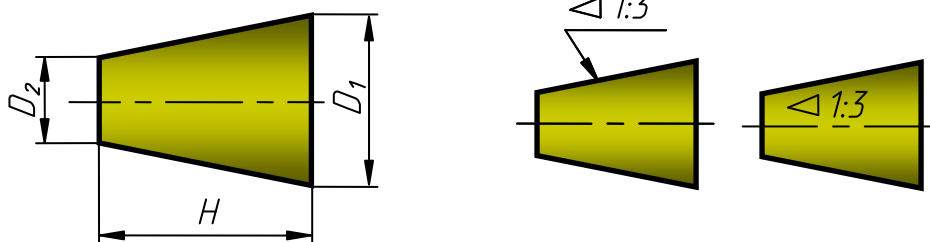


Рис. 9.37

Размеры фасок. При нанесении размеров конических фасок (рис. 9.38) размерную линию проводят параллельно оси конуса. Первое число обозначения указывает высоту усеченного конуса, второе – угол наклона образующих конуса. Такое упрощение допускается лишь в том случае, если угол наклона образующих конуса равен 45° , при любом другом значении угла указывают два размера – линейный и угловой (рис. 9.39).

Если высота фаски (высота усеченного конуса) на чертеже равна 1 мм и менее, то фаску не изображают, а размер наносят (рис. 9.40). Плоские фаски задают или линейным и угловым, или двумя линейными размерами (рис. 9.41).

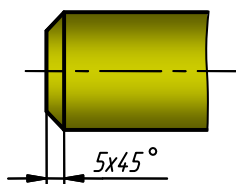


Рис. 9.38

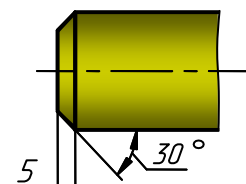


Рис. 9.39

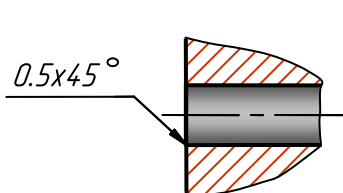


Рис. 9.40

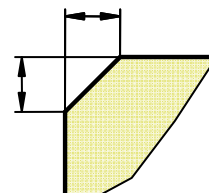


Рис. 9.41

Нанесение размеров на рабочих чертежах деталей тесно связано с условиями работы деталей в сборочной единице и технологией их изготовления.

Размеры на чертежах можно разделить на две группы:

1. *Формообразующие* – размеры, определяющие форму элемента детали или являющиеся геометрическими параметрами поверхностей (диаметр, радиус, сфера и т. п.).

2. *Координирующие* – размеры расположения элементов детали. Этими размерами являются расстояния между центрами отверстий, от торцов и кромок до центров отверстий, расстояния до стенок прорезей, пазов, канавок, проточек, выступов и других элементов.

Группировка размеров. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу, рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, где геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 9.42, 9.43).

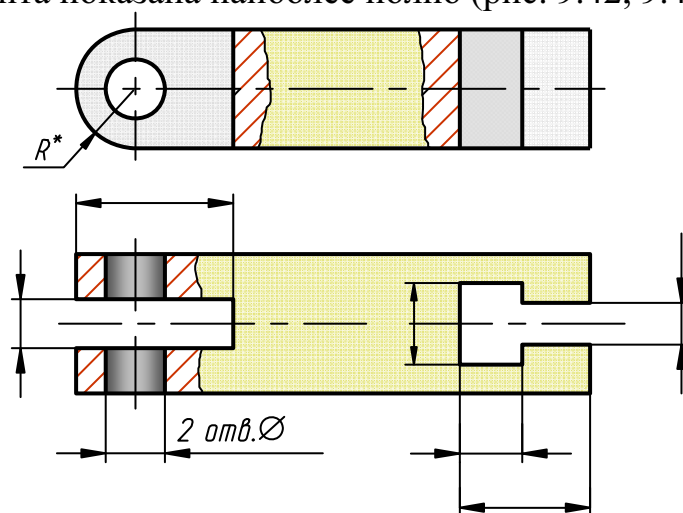


Рис. 9.42

Если указывается размер ступенчатого отверстия (рис. 9.43, *a*), то его диаметры указываются там, где и глубина. Количество отверстий указывается один раз к меньшему диаметру.

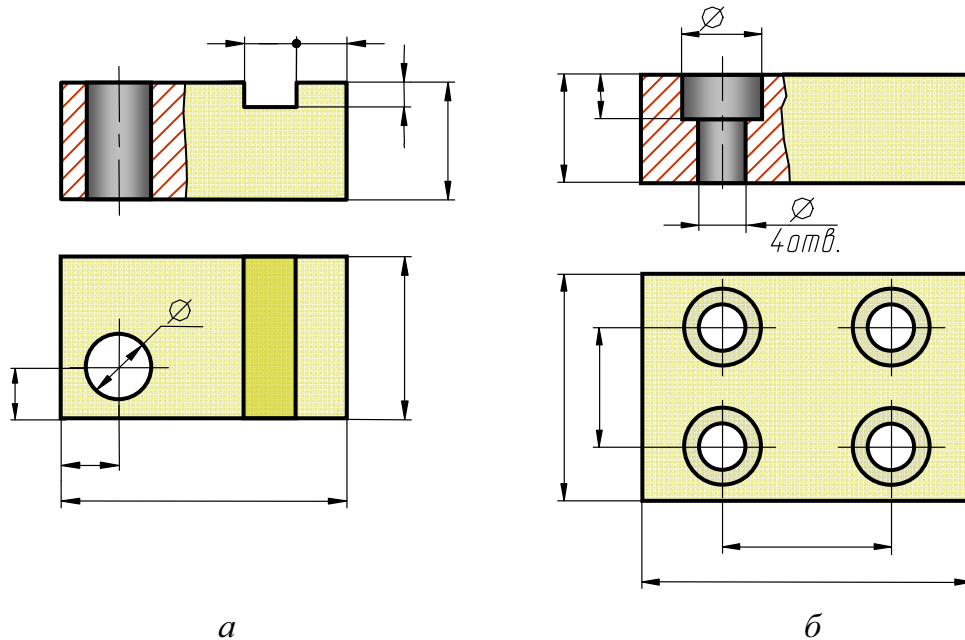


Рис. 9.43

Чтобы облегчить чтение чертежа, нужно:

- если возможно избегать нанесения размеров внутри контура изображений;
- не наносить размеры на невидимом контуре, кроме случаев, когда нет необходимости в вычерчивании дополнительных изображений;
- размеры внутренних и наружных элементов предмета располагать с разных сторон изображения (внутренние – со стороны разреза, внешние – со стороны вида).

Общее количество размеров должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях.

Все наносимые на чертеже размеры выбираются из рядов нормальных чисел, установленных стандартами.

Для удобства изготовления и контроля детали ее размеры должны быть указаны от определенных поверхностей, линий или точек.

Нанесение размеров от баз

На рабочих чертежах деталей размеры наносят с учетом целого ряда факторов: геометрической формы детали, особенностей ее конструкции и назначения, технологии и точности изготовления, удобства контроля. Чтобы детали отвечали условиям работы в сборочной едини-

це, необходимо согласовывать размеры их элементов и поверхностей, находящихся во взаимодействии. Согласование достигается путем нанесения размеров от определенного места, принятого за базу.

Базами называют поверхности, линии или точки, координирующие положение детали в сборочной единице или в процессе ее механического изготовления. Различают четыре вида размерных баз: конструкторские, технологические, измерительные и сборочные, каждая из которых имеет свое назначение.

Конструкторской базой называют поверхность, линию или точку, определяющую положение детали в сборочной единице. Относительно этой базы ориентируют другие элементы детали или другие детали сборочной единицы при их конструировании. От нее задают все сопрягаемые размеры. Нанесение размеров от конструкторских баз не связывают с процессом изготовления детали.

Технологической базой называют поверхность, линию или точку, относительно которых ориентируют обрабатываемые поверхности при изготовлении детали. Их выбирают с учетом последовательности механической обработки деталей, и от них обычно задают свободные размеры.

Измерительной базой называют поверхность, линию или точку, от которой ведут отсчет размеров при измерении готовых деталей.

Сборочной базой называют совокупность поверхностей, линий или точек, относительно которых ориентируют детали при сборке изделия.

Каждый вид базы может быть взят вдоль трех главных направлений – длины, ширины и высоты детали, а иногда и вдоль наклонных направлений.

Деталь может иметь не одну, а несколько баз. Одну из них считают основной базой, а остальные – вспомогательными. Каждую вспомогательную базу ориентируют от основной базы.

Размеры от одной базы наносят по возможности на одном изображении (во избежание ошибок).

В учебных чертежах при нанесении размеров обычно используют технологические базы, так как часто невозможно установить положение отдельной детали в сборочной единице.

В качестве размерных баз принимают обработанные торцы, уступы, кромки, опорные, привалочные и другие поверхности (*действительные базы*). Базами могут быть оси симметрии, центровые и другие линии, точки, от которых удобно указывать и измерять размеры (*мнимые базы*). Выбор размерных баз определяет способ нанесения размеров.

На практике применяют три способа нанесения размеров: *цепной*, *от общей базы (координатный)* и *комбинированный* (рис. 9.44).

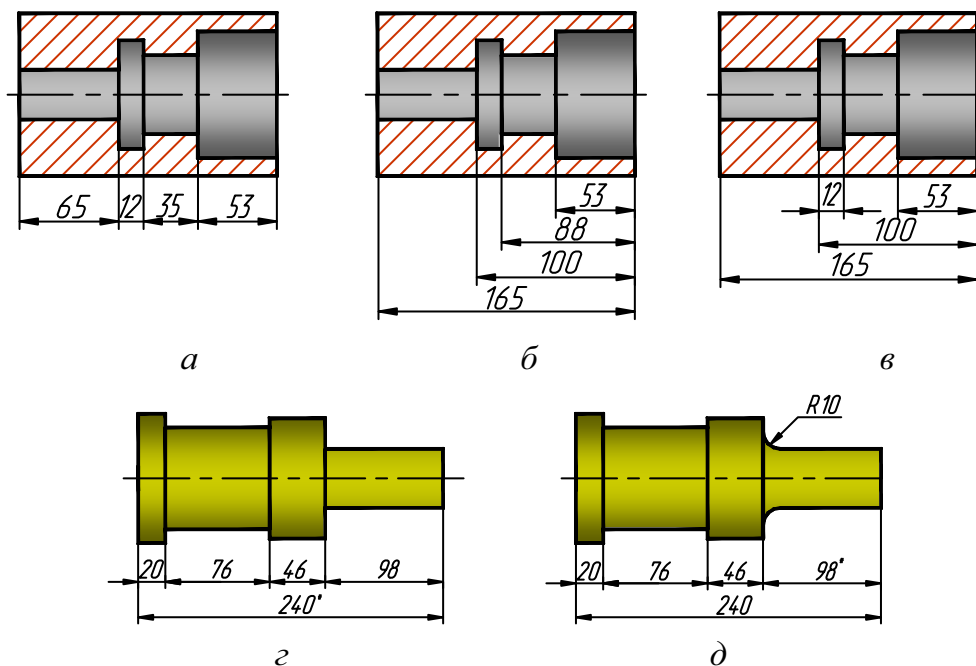


Рис. 9.44

Цепной способ заключается в последовательном нанесении размеров, образующих как бы цепочку (рис. 9.44, а), определяющую последовательность обработки отдельных частей детали. В этом случае каждый следующий размер определяется новой базой. Его применяют при указании межцентровых расстояний, размеров ступенчатых деталей, при необходимости выдержать их на каждом отдельном элементе и др.

Способ от общей базы (координатный) заключается в нанесении размеров от одной базы (рис. 9.44, б). Он наиболее удобен при конструировании изделий. Этот способ применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую точность расстояний элементов детали от каких-либо ее поверхностей. Точность получения любого размера при этом способе зависит только от технологии изготовления детали и не зависит от точности других размеров.

Комбинированный способ заключается в сочетании цепного способа и способа от общей базы (рис. 9.44, в). В этом случае помимо основной размерной базы используют вспомогательные базы, от которых удобно наносить и проще контролировать размеры ряда элементов детали. Комбинированный способ нанесения размеров имеет наиболее широкое применение, особенно в деталях сложной формы.

При любом способе цепочка размеров не должна быть замкнутой, так как в этом случае при изготовлении детали нельзя выдержать требуемой точности размеров. Если, например, при цепном способе на чертеже указывают габаритный размер, то одного из промежуточных размеров не должно быть.

Справочные и другие размеры

Справочными называются размеры, которые не подлежат выполнению по данному чертежу и указываются для большего удобства пользования им.

На чертеже их отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «* Размеры для справок».

К справочным относят один из размеров замкнутой размерной цепи и размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок и др.

Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из них указан как справочный (рис. 9.44, з, д).

Габаритными называются размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия. Габаритные размеры преимущественно наносят на чертежах оригинальных деталей. На чертежах стандартных деталей габаритные размеры, как правило, не наносят.

Упрощения в нанесении размеров

Для повышения наглядности чертежа и ускорения работы применяют упрощения, чтобы сократить количество наносимых размеров, а иногда даже изображений. Так, например, размеры двух симметрично расположенных элементов предмета, кроме отверстий, наносят только один раз без указания их количества и группируют, как правило, в одном месте (рис. 9.45). Размеры фасок и проточек в размерную цепь не включают.

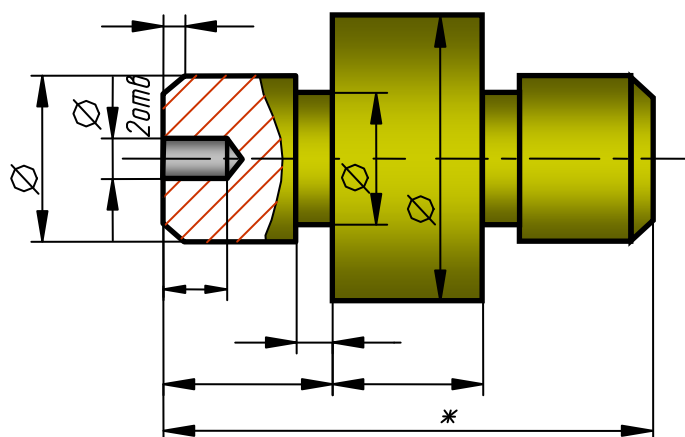


Рис. 9.45

Важным приемом является указание размеров нескольких одинаковых по форме и величине элементов только один раз с обозначением их количества. Этот прием можно использовать при условии, что элементы лежат в одной плоскости (рис. 9.46, а) или расположены на общей оси (рис. 9.46, з, д). Количество элементов указывают на полке линии-выноски (рис. 9.46, а, б, з, д) перед размерным числом. Допускается указывать это количество и под полкой (рис. 9.46, в).

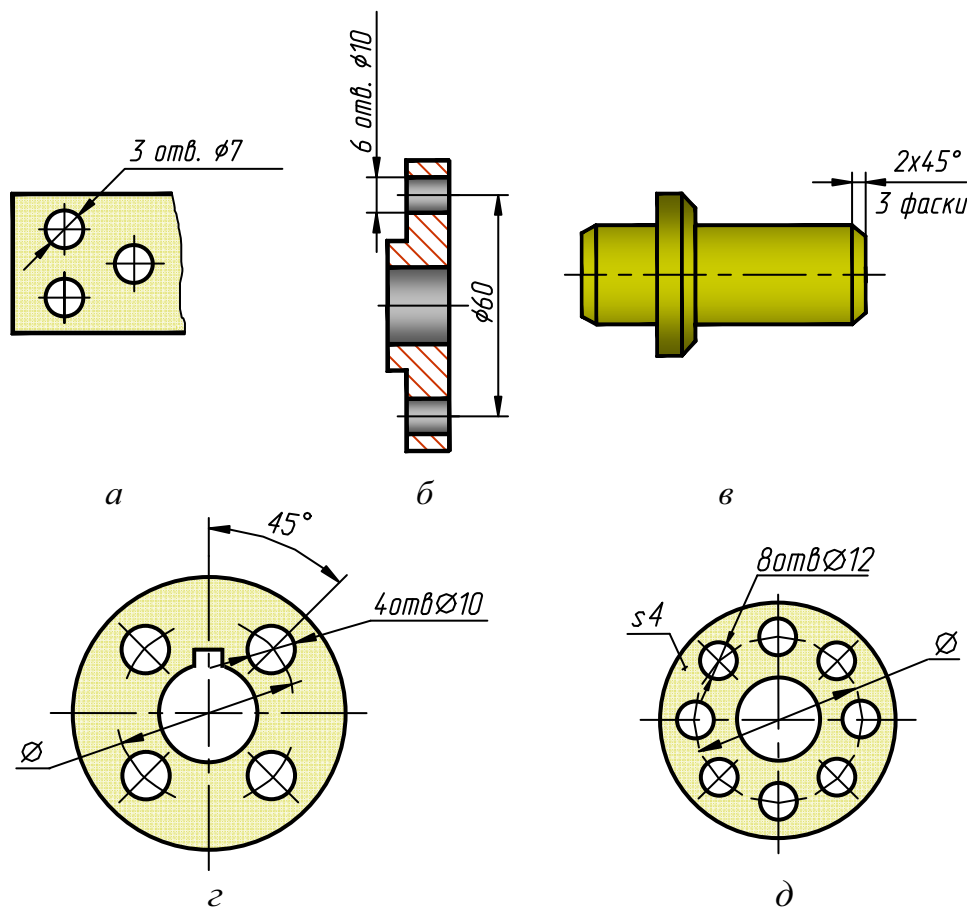


Рис. 9.46

Если на чертеже изображены элементы, равномерно расположенные по окружности (отверстия, углубления и т. п.), то угловые размеры, определяющие их взаимное расположение, не наносят, а указывают только количество элементов. Угол 45° (рис. 9.46, *г*) задать необходимо, так как он определяет положение четырех отверстий $\varnothing 10$ относительно паза.

При нанесении размеров, определяющих расстояния между одинаковыми, равномерно расположенными элементами предмета (например, на рис. 9.47 расстояние между 15 отверстиями $\varnothing 8$), рекомендуется вместо нанесения размеров цепным способом поступать следующим образом. Нанести размер между двумя соседними элементами (размер 11, рис. 9.47) и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (размер $14 \times 11 = 154$, рис. 9.47).

В тех случаях, когда по каким-то причинам большое количество размеров нанесено от одной общей линии (базы) (рис. 9.48), допускается вместо отдельных размерных линий проводить одну общую от отметки 0: для линейных размеров – рис. 9.49, *а*, для угловых размеров – рис. 9.49, *б*.

При этом размерные числа наносят в направлении выносных линий, у их концов.

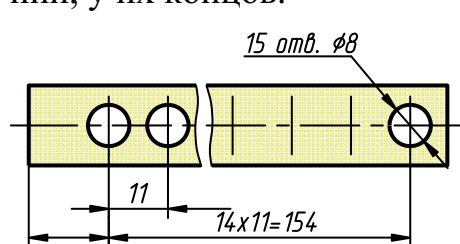


Рис. 9.47

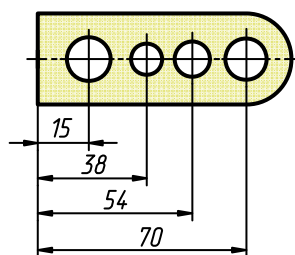


Рис. 9.48

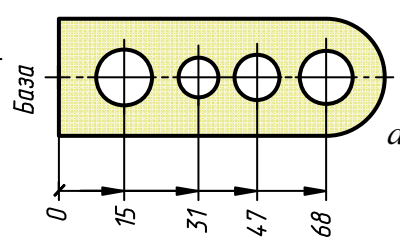
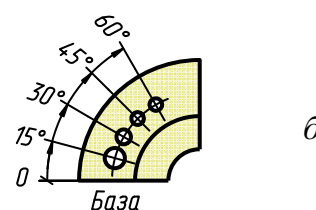
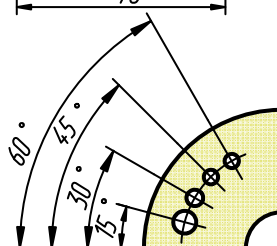


Рис. 9.49



Одинаковые элементы, расположенные в разных частях предмета (например, отверстия), рассматривают как один элемент, если между этими элементами нет промежутка (рис. 9.50, а) или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (рис. 9.50, б).

Если эти условия отсутствуют, указывают полное количество элементов (два отверстия $\varnothing 10$, рис. 9.51; шесть отверстий $\varnothing 8$, рис. 9.52).

Если одинаковые элементы расположены на разных поверхностях предмета и показаны на разных изображениях, то количество этих элементов записывают отдельно для каждой поверхности. Например, на рис. 9.52 десять отверстий $\varnothing 8$ разделены на две группы: 6 отверстий и 4 отверстия.

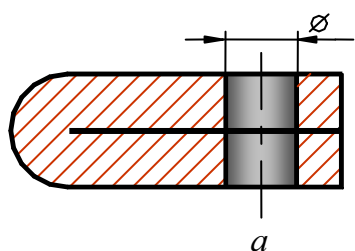


Рис. 9.50

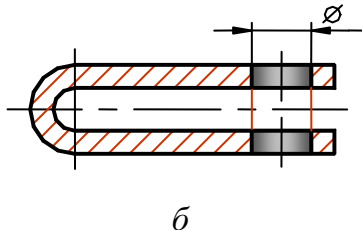
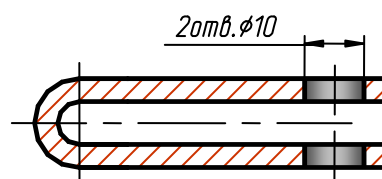


Рис. 9.51



Размеры одинаковых элементов или их групп, лежащих на одной поверхности, допускается повторять только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не связаны между собой размерами (рис. 9.53).

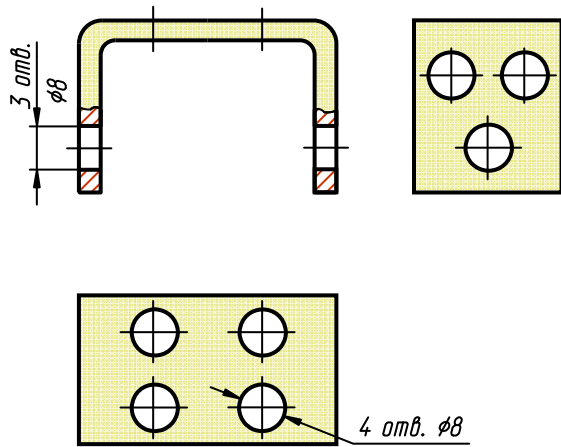


Рис. 9.52

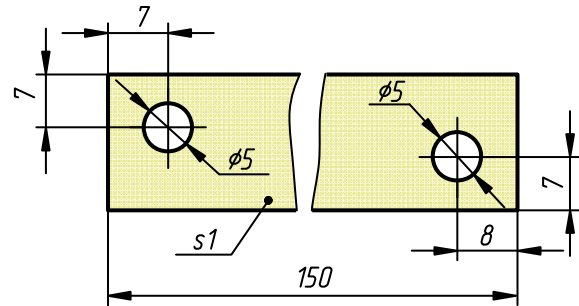


Рис. 9.53

Если радиусы скруглений, сгибов и т. п. на чертеже одинаковы или какой-либо из них является преобладающим, то их размеры на изображении не наносят, а указывают в технических требованиях на поле чертежа записью типа «Радиусы скруглений 4 мм», «Внутренние радиусы 4 мм», «Внутренние радиусы сгибов 10 мм», «Неуказанные радиусы 8 мм».

Пример нанесения размеров на чертеже детали, изображенной на рис. 8.65, дан на рис. 9.54.

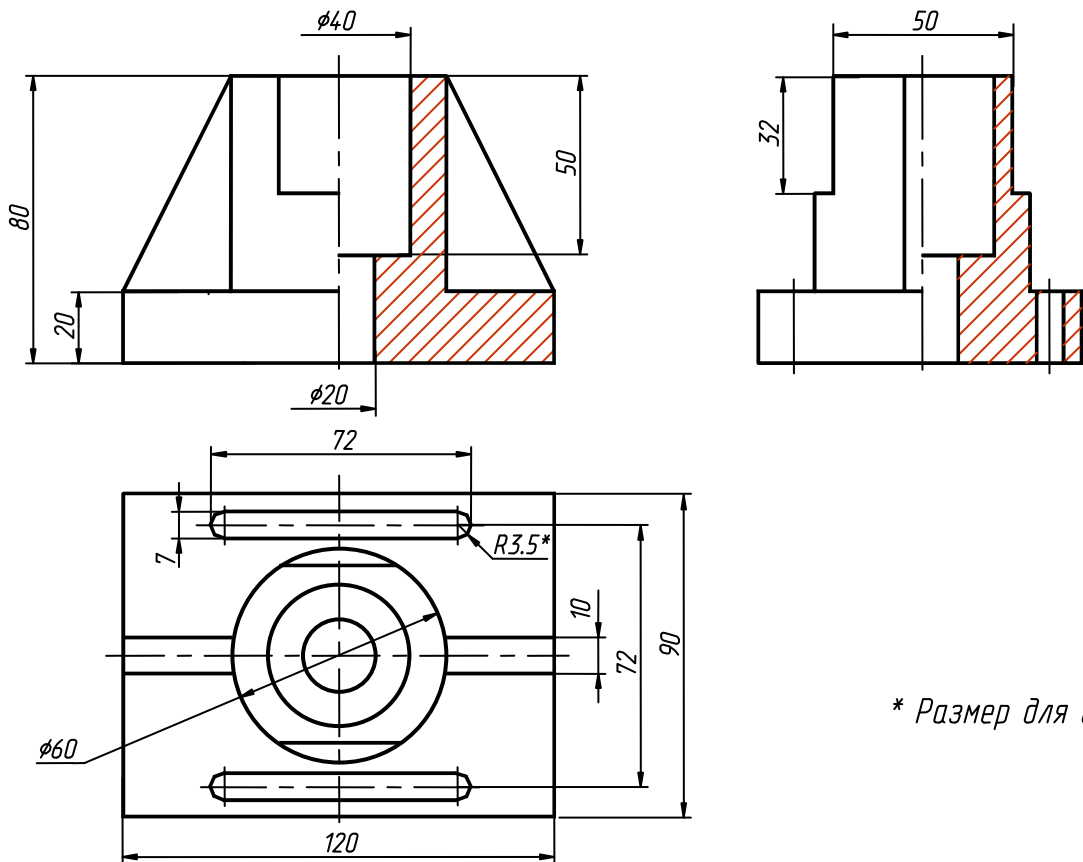


Рис. 9.54

* Размер для справок

При нанесении размеров нужно помнить, что:

- размеры на чертеже наносятся один раз, независимо от количества изображений;
- все размеры можно разделить на координирующие (размеры положения) и формообразующие (размеры формы);
- необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий;
- размеры, отнесенные к одному и тому же конструктивному элементу, группируются в одном месте. Располагают их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно;
- размерные числа не допускается разделять или пересекать другими линиями чертежа.

Вопросы для самоконтроля

1. Учитывают ли масштаб при нанесении на чертеже размерных чисел?
2. В каких случаях применяют встречные стрелки размерных линий?
3. В каких пределах выбирают расстояние между параллельными размерными линиями?
4. Как рекомендуется располагать размерные числа, когда несколько параллельных размерных линий изображены симметрично относительно общей оси?
5. В каких пределах выбирают расстояние между параллельными размерными линиями?
6. Какие правила нанесения линейных размеров вы знаете?
7. Как обозначают уклон на чертежах?
8. Что такое конусность и как ее обозначают на чертежах?
9. Что означает запись « $2,5 \times 45^\circ$ »?
10. Как наносятся размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу?
11. Как рекомендуется наносить размеры между равномерно расположенными одинаковыми элементами предмета?
12. В каких случаях указывают размеры нескольких одинаковых по форме и величине элементов предмета один раз без указания их количества?

Глава 10

СОЕДИНЕНИЯ

10.1. Соединения разъемные и неразъемные

Соединения деталей в приборах и машинах весьма разнообразны по своему назначению, конструкции, технологии изготовления.

Соединения подразделяют на разъемные и неразъемные.

Разъемными называют соединения, повторная сборка и разборка которых возможна без повреждения их составных частей. Такими соединениями являются резьбовые соединения, шпоночные, шлицевые, штифтовые, шплинтовые и др. Разъемные соединения можно разделить на подвижные и неподвижные.

Подвижные разъемные соединения – соединения, в которых одна деталь может перемещаться относительно другой. Например, соединение передвигной гайки с винтом у суппорта токарного станка.

Неподвижные разъемные соединения – соединения, в которых детали не могут перемещаться одна относительно другой. Например, соединение деталей при помощи винта или болта и гайки.

Соединения, не предназначенные для разборки и, следовательно, которые нельзя разобрать без повреждения соединяемого элемента, называются *неразъемными*. Это соединения сваркой, пайкой, склеиванием, заклепочное соединение и др.

10.2. Изображение и обозначение резьбы

Резьба — это поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. При таком движении плоский контур образует винтовой выступ соответствующего профиля, ограниченный винтовыми цилиндрическими или коническими поверхностями.

Резьбы классифицируют (рис. 10.1):

- по форме поверхности, на которой нарезана резьба (цилиндрические, конические);
- по форме профиля (треугольная, прямоугольная, трапецеидальная, круглая и др.);
- по направлению винтовой поверхности (правые и левые);
- по числу заходов – числу винтовых линий (однозаходные, многозаходные);
- по расположению резьбы на поверхности стержня или отверстия (внешние и внутренние);

Классификация резьбы

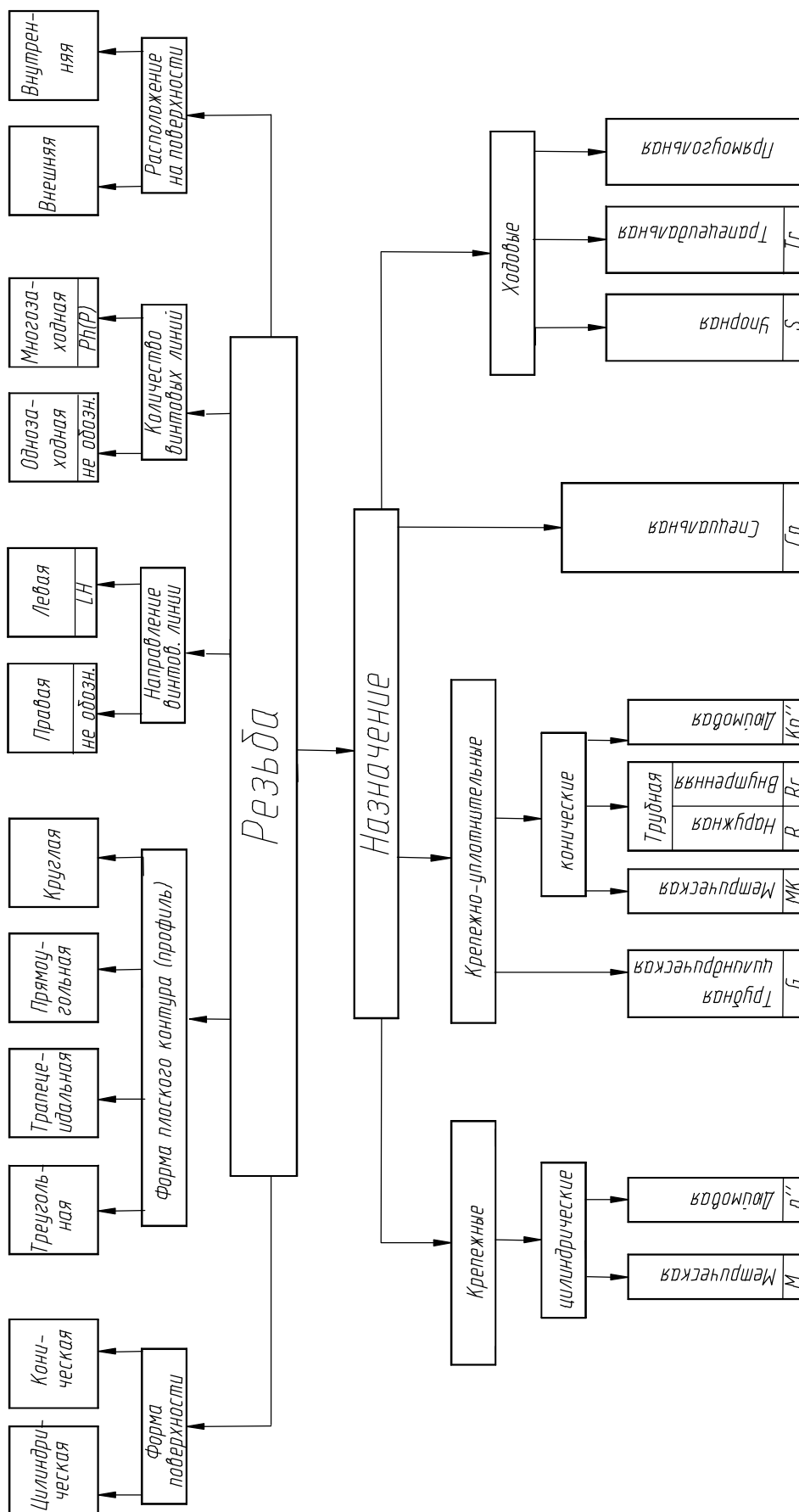


Рис. 10.1

- по назначению (крепёжные, крепёжно-уплотнительные, ходовые, специальные и др.).

Все резьбы делят на *стандартные* и *нестандартные*. У стандартных резьб параметры (профиль, шаг и диаметр) определены стандартами. У нестандартных резьб параметры резьбы задаются конструктором.

Тип резьбы определяют ее профилем, т. е. контуром, который получают в секущей плоскости, проходящей через ось резьбы.

В основе образования резьбы лежит винтовое движение некоторой фигуры. Если винтовое движение совершает точка, то производимую ею пространственную кривую называют винтовой линией (рис. 10.2, а).

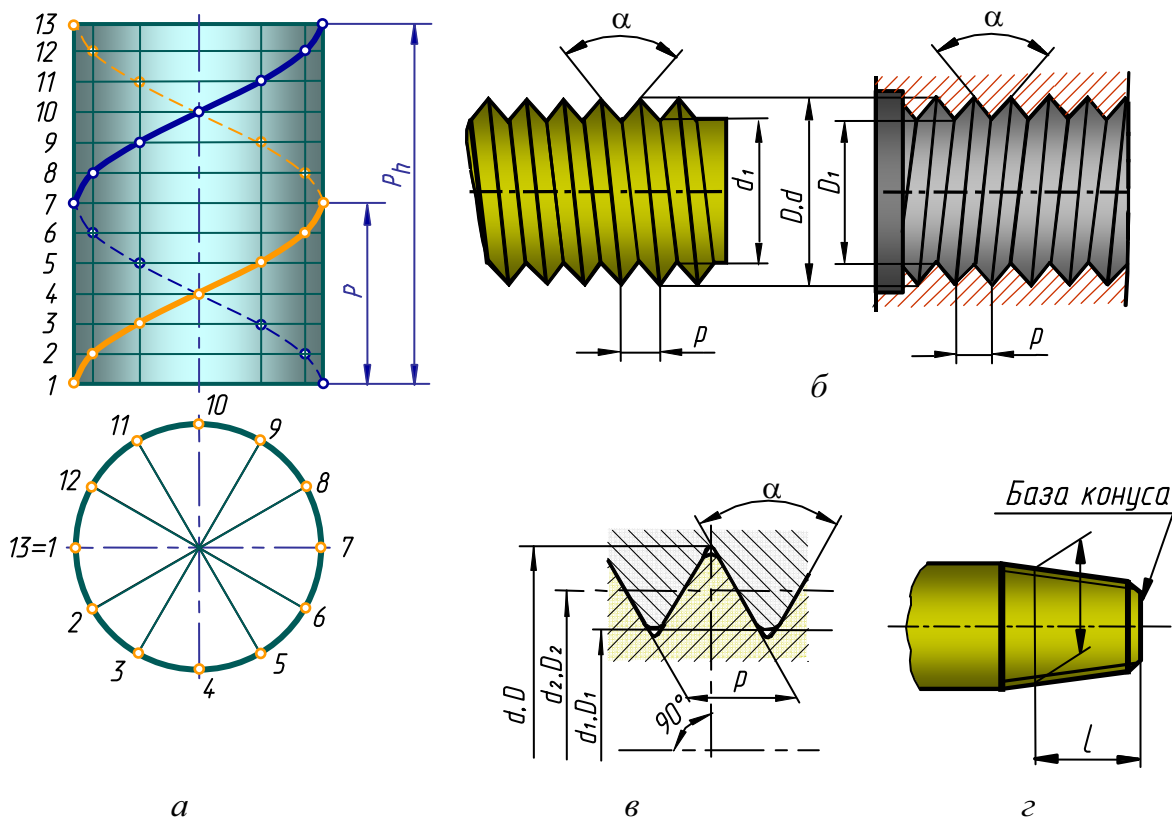


Рис. 10.2

Основные параметры резьбы по ГОСТ 11708-66:

наружный (номинальный) диаметр резьбы d, D — диаметр воображаемого цилиндра или конуса, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы;

внутренний диаметр резьбы d_1, D_1 — диаметр воображаемого цилиндра или конуса, описанного вокруг впадин наружной резьбы или вершин внутренней резьбы;

профиль резьбы — контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось (например, на рис. 10.2, б, в профиль треугольный);

угол α (угол профиля резьбы) – угол между смежными боковыми сторонами профиля;

шаг цилиндрической резьбы P – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы;

ход цилиндрической резьбы P_h – расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы. Другими словами, ход резьбы – это величина относительного осевого перемещения точки за один полный оборот (угол 360°).

В однозаходной резьбе ход равен шагу, в многозаходной – произведению шага P на число заходов n : $P_h = n \times P$.

Для конических резьб все диаметры устанавливаются в основной плоскости. Основная плоскость – плоскость расчетного сечения, перпендикулярная оси резьбы и расположенная на заданном расстоянии l от базы конуса (рис. 10.2, z). Шаг конической резьбы – проекция на ось резьбы отрезка, соединяющего соседние вершины профиля резьбы.

В зависимости от направления винтовой поверхности резьбы подразделяют на правые и левые. Если витки резьбы поднимаются слева вверх направо, то резьба называется *правой*, если справа вверх налево, то – *левой*.

Крепежная резьба предназначена для неподвижного соединения деталей. В качестве крепежных используют метрические и дюймовые резьбы.

Крепежно-уплотнительные резьбы предназначены в основном для плотного, герметичного соединения деталей. К ним относят трубную и конические резьбы.

Ходовые резьбы применяют для передачи осевых усилий и движения в ходовых винтах токарных станков, грузоподъемных устройств и т. п. В качестве ходовых применяют трапецеидальные, упорные, прямоугольные резьбы. Они могут быть однозаходными и многозаходными.

Конструктивные и технологические элементы резьбы

Наружную резьбу накатывают на специальных станках или нарезают с помощью резьбовых резцов, фрез и плашек. Внутреннюю резьбу чаще всего нарезают метчиками или резцами. Плашки и метчики применяют для нарезания резьбы на заранее подготовленной заготовке детали и в заранее просверленном отверстии.

Заборные части резьбонарезающих инструментов образуют *сбеги резьбы* – участки с неполным, постепенно уменьшающимся профилем. Сбег является нерабочей частью резьбы и его необходимо учитывать при определении длины нарезанной части изделия.

Кроме того, часто предусматривают *недовод резьбы* — ненарезанную часть детали между концом сбега и опорной поверхностью. Сбег резьбы и недовод образуют участок, называемый *недорезом резьбы*.

Для изготовления резьбы полного профиля (без сбега) для вывода резьбообрабатывающего инструмента делают проточку.

Проточка — это кольцевой желобок на стержне (его диаметр d_n меньше внутреннего диаметра нарезаемой резьбы, рис. 10.3, а) или кольцевая канавка в отверстии (ее диаметр d_b больше наружного диаметра резьбы, рис. 10.3, б).

Важным конструктивным элементом деталей с резьбой является *фаска* — срезанная в виде усеченного конуса кромка цилиндрического или конического стержня или отверстия (рис. 10.3, а, б, г). Фаска облегчает соединение деталей, улучшает их внешний вид, ликвидирует острую режущую кромку на торцах деталей, предохраняет резьбу от забоин. Иногда с той же целью конец стержня срезают в виде шарового сегмента (рис. 10.3, в).

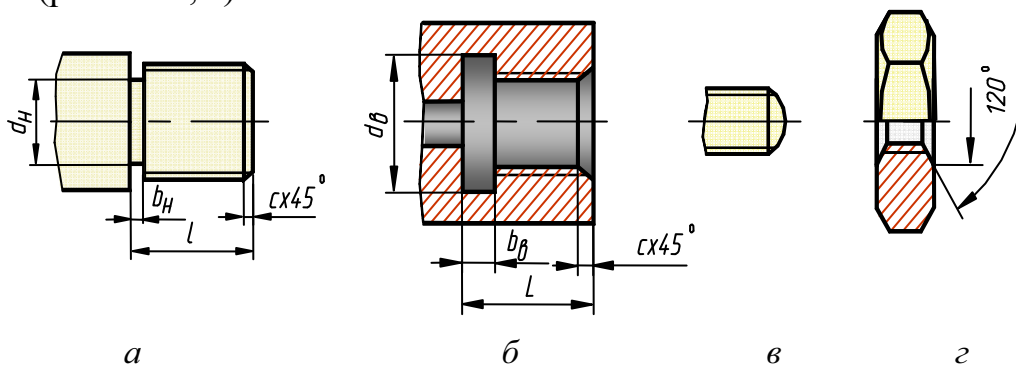


Рис. 10.3

Изображение резьбы на чертежах

Согласно ГОСТ 2.311-68, резьбы всех типов изображают условно. Резьбу на стержне изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему (рис. 10.4). На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $3/4$ окружности, разомкнутой в любом месте. Линию, определяющую границу резьбы, наносят в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Ее проводят сплошной основной линией до линии наружного диаметра резьбы (рис. 10.4, а). Если резьба изображена как невидимая, границу ее проводят до линии наружного диаметра штриховой линией (рис. 10.4, г).

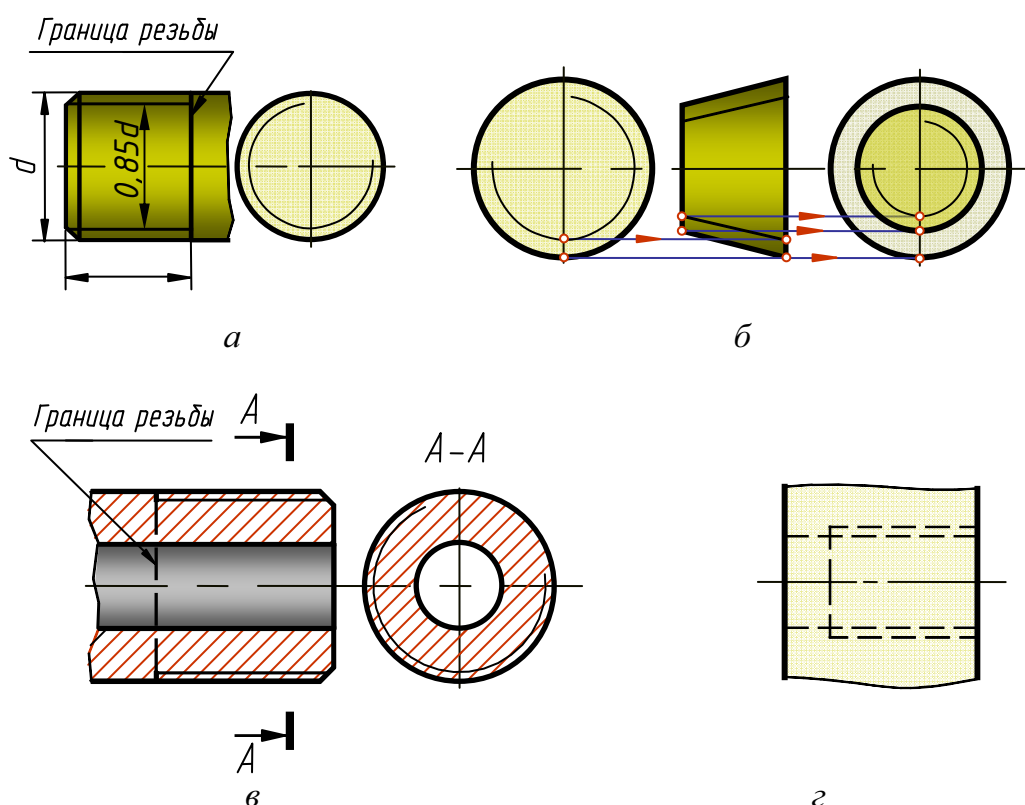


Рис. 10.4

Резьбу в отверстии при выполнении разреза изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими – по наружному (рис. 10.5). На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $3/4$ окружности, разомкнутой в любом месте. Границу резьбы в отверстии показывают сплошной основной линией, проводя ее до линий наружного диаметра резьбы (рис. 10.5, в).

Линии штриховки в разрезах и сечениях проводят до линий наружного диаметра резьбы на стержне и до линий внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошных основных линий (рис. 10.4, в и рис. 10.5).

Если отверстие с резьбой показано как невидимое, резьбу изображают параллельными штриховыми линиями одинаковой толщины (рис. 10.4, г). Более наглядна резьба в отверстии на разрезе.

При изображении резьбы сплошную тонкую линию проводят на расстоянии не менее $0,8$ мм и не более величины шага от сплошной основной линии (примерно на расстоянии, равном $0,85 d$).

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси стержня или отверстия, не изображают

(рис. 10.4, *a* и 10.5, *a*). Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (рис. 10.4, *a*).

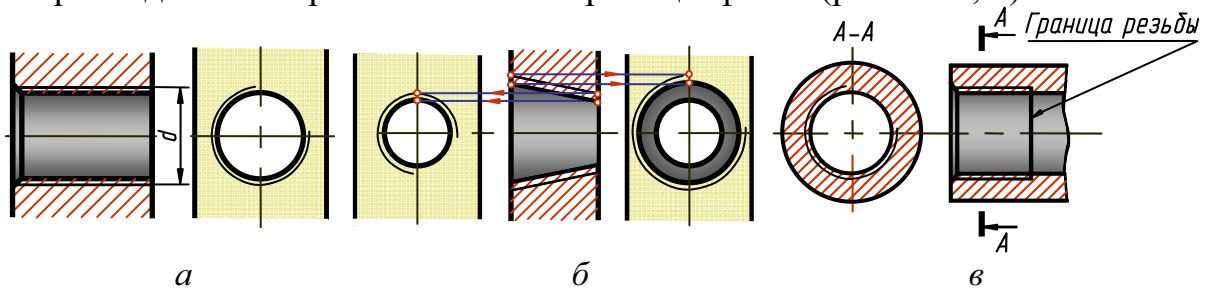


Рис. 10.5

Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают без сбега (рис. 10.6, *a*, *б*). Если необходимо указать длину резьбы со сбегом или величину сбега размеры наносят, как показано на рис. 10.6, *в*, *г*, *д*.

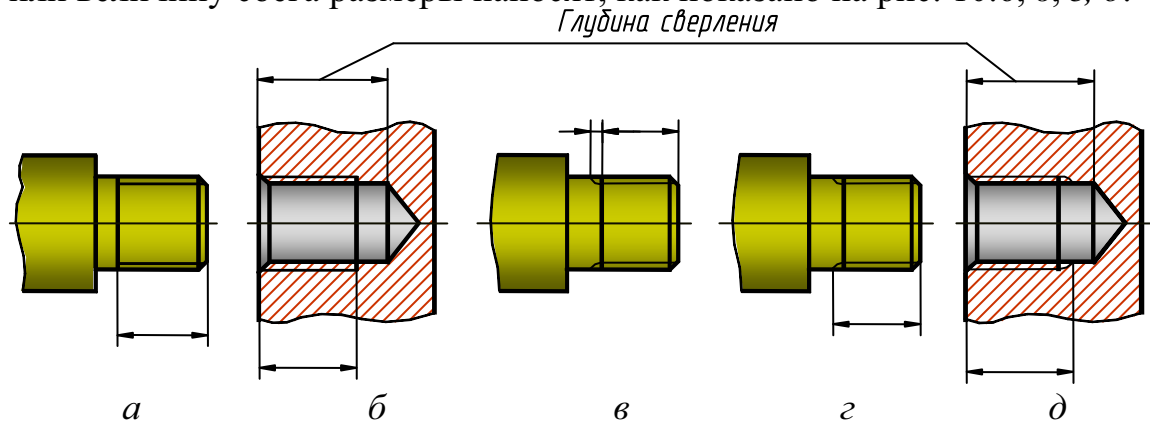


Рис. 10.6

Глухое отверстие называют *гнездом*. Гнездо заканчивается конусом, получающимся при сверлении (сверло на конце имеет коническую заточку) (рис. 10.7, *a*). Если нет необходимости в точном изображении границы резьбы и недореза (на чертежах, по которым резьбу не выполняют), то допускается выполнять резьбу доходящей до дна отверстия, а также не показывать коническую часть гнезда (рис. 10.7, *б*).

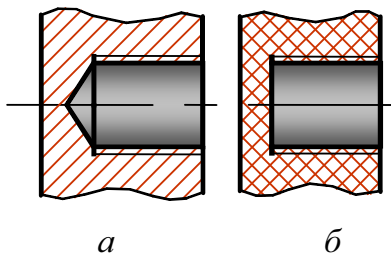


Рис. 10.7

На разрезах резьбового соединения при изображении на плоскости, параллельной его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 10.8).

Резьбу с нестандартным профилем изображают одним из способов, показанных на рис. 10.9, со всеми необходимыми размерами и предельными отклонениями (размеры указаны буквами). При необходимости на чертеже ука-

зывают дополнительные данные (о числе заходов, о левом направлении резьбы и т.п.) с добавлением слова «Резьба».

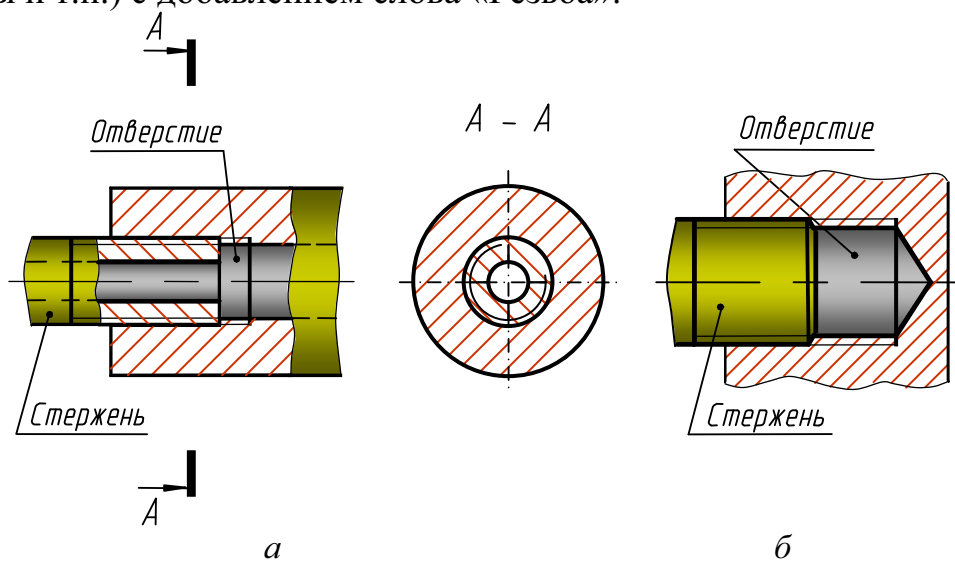


Рис. 10.8

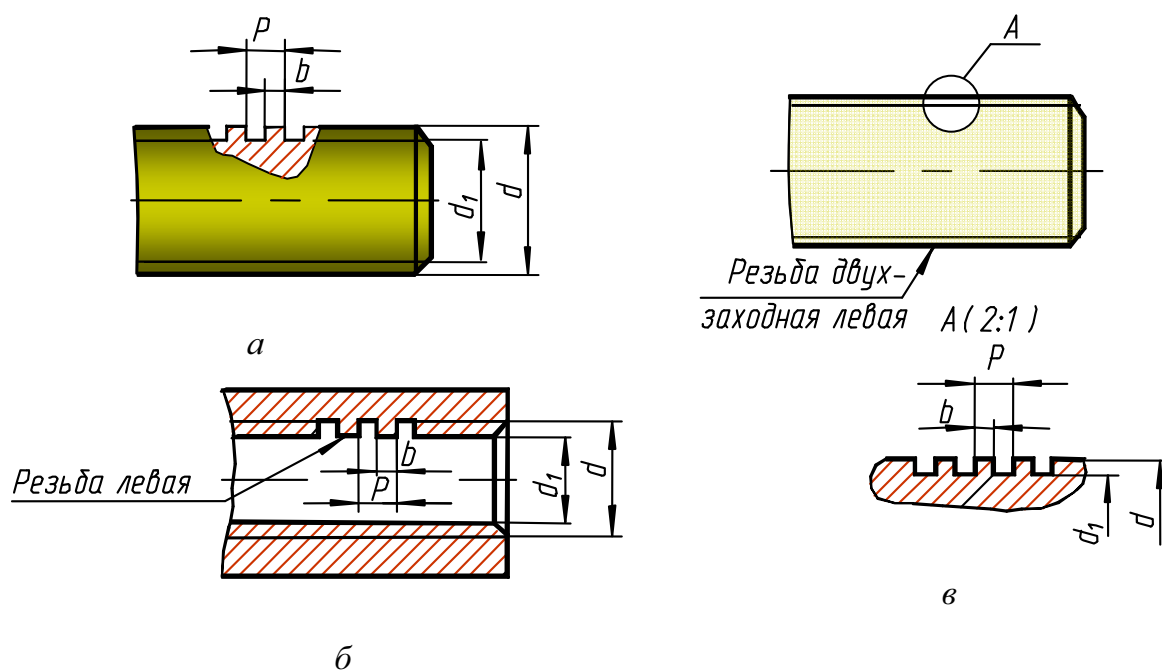


Рис. 10.9

Условные обозначения резьб

Условные изображения стандартных резьб для полной их характеристики дополняют условными обозначениями. Обозначения всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, относят к наружному диаметру и наносят с помощью выносных и размерных линий (рис. 10.10).

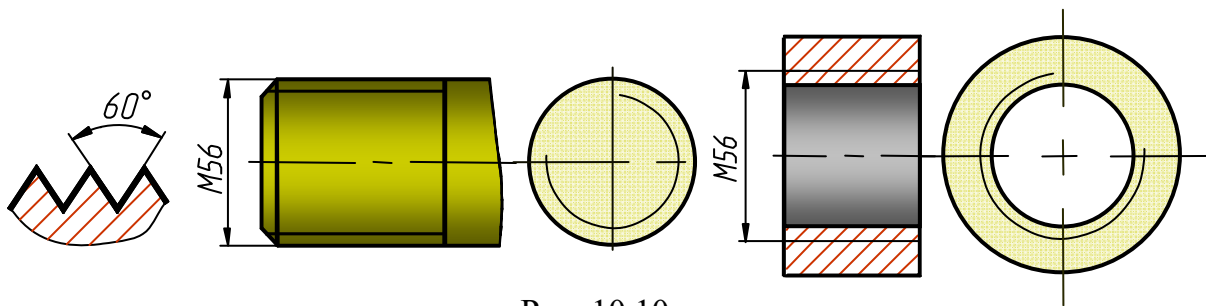


Рис. 10.10

Обозначения конических и трубной цилиндрической резьбы указывают на полках линий-выносок, которые проводятся от изображения резьбы (рис. 10.11 и 10.12).

Метрическая резьба имеет треугольный профиль с углом 60° при вершине. Профиль и основные размеры метрической резьбы устанавливает ГОСТ 9150–81, а диаметры и шаги – ГОСТ 8724–81.

По ГОСТ 8724–81 метрическую резьбу нарезают с крупным и мелким шагом. Начиная с 6 мм, для каждого диаметра метрической резьбы предусмотрен один крупный шаг и несколько мелких (табл. 10.1).

В условное обозначение метрической резьбы с крупным шагом входит буква *M* и номинальный (наружный) диаметр резьбы в миллиметрах. Например, *M 56* означает, что резьба метрическая с крупным шагом, номинальным диаметром 56 мм (величина шага не указывается).

В условном обозначении метрической резьбы с мелким шагом дополнительно указывают шаг резьбы в миллиметрах (так как для одного номинального диаметра резьбы предусмотрено несколько мелких шагов), например: *M56×3*.

Правое направление резьбы не указывается. Если резьба имеет левое направление, в условном обозначении указываются буквы *LH*, например: *M56×3LH*.

Метрическая резьба может быть выполнена *многозаходной*.

В условное обозначение многозаходной резьбы входят: буква *M*, номинальный диаметр резьбы, числовое значение хода и в скобках буква *P* с числовым значением шага.

Пример условного обозначения многозаходной метрической резьбы:

M24×6(P2) – метрическая резьба с номинальным диаметром 24 мм, шагом 2 мм, ходом 6 мм, трехзаходная.

Левая резьба с теми же параметрами – *M24×6(P2)LH*.

Таблица 10.1

Наружный диаметр резьбы	Шаг резьбы	
	Крупный	Мелкий
6	1	0,75; 0,5
8	1,25	1; 0,75; 0,5
10	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
12	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
14	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
16	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
18	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
20	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
22	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	3	2; 1,5; 1; 0,75
27	3	2; 1,5; 1; 0,75;
30	3,5	3; 2; 1,5; 1; 0,75

Дюймовая резьба для крепежных деталей стандартизована, но применяется, как правило, при изготовлении запасных деталей взамен изношенных (если они имели такую резьбу).

Профиль дюймовой резьбы – равнобедренный треугольник с углом $\alpha=55^\circ$ (табл. 10.2).

Диаметр резьбы измеряется в дюймах. Один дюйм (1") равен 25,4 мм. Дюймовая резьба характеризуется количеством витков (или ниток) резьбы на дюйм ее длины.

При обозначении дюймовой резьбы указывается ее наружный диаметр в дюймах. Например, дюймовая резьба диаметром $d = 1/2"$ обозначается $1/2"$.

Трубная цилиндрическая резьба, согласно ГОСТ 6357–81, имеет треугольный профиль с углом $\alpha = 55^\circ$ со скругленными вершинами и впадинами. Профили наружной и внутренней резьб полностью совпадают. Это обеспечивает герметичность в резьбовых соединениях. Резьбу применяют в соединениях труб. Измеряют трубную резьбу в дюймах. Номинальный диаметр резьбы в дюймах – величина условная, так как ее значение не соответствует внешнему диаметру резьбы, как это принято для всех остальных резьб, а равно величине условного прохода d_y (внутреннему диаметру трубы).

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы входит буква *G*, указывающая тип резьбы, и обозначение размера резьбы (т. е. размера внутреннего диаметра трубы, на которой резьба нарезана). Наружный диаметр равен внутреннему диаметру этой трубы плюс две

толщины ее стенки. Например, обозначение $G1$ (рис. 10.11, *а*) означает, что резьба трубная цилиндрическая нарезана на трубе с внутренним диаметром 25,4 мм (т. е. один дюйм). Наружный диаметр резьбы равен 33,249 мм. Обозначение внутренней трубной резьбы (рис. 10.11, *б*) можно расшифровать как условное обозначение трубной цилиндрической резьбы в отверстии, в которое ввертывается труба с внутренним диаметром 25,4 мм (т. е. один дюйм). Условное обозначение для левой резьбы дополняется буквами LH , которые указываются после размера резьбы. Например: $G1\frac{1}{2} LH$ – трубная цилиндрическая резьба размера $1\frac{1}{2}''$, левая.

Обозначение трубной цилиндрической резьбы и конических резьб указывают на полках линий-выносок, которые проводятся от изображения резьбовой поверхности.

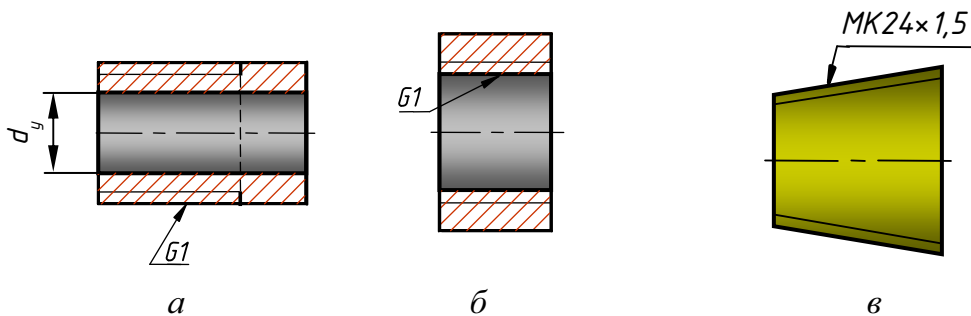


Рис. 10.11

Резьба метрическая коническая с углом $\alpha=60^\circ$, конусностью 1:16 (угол наклона образующих к геометрической оси конуса $1^\circ 47' 24''$) и номинальным диаметром от 6 до 60 мм, ГОСТ 25229–82, применяется в конических резьбовых соединениях. Ее можно применять и в соединениях с внутренней цилиндрической резьбой и наружной конической резьбой.

Условное обозначение – $MK 24 \times 1,5$ (рис. 10.11, *в*).

Для левой резьбы – $MK 24 \times 1,5 LH$.

При соединении внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической обозначение дается в виде дроби

$$M/MK 24 \times 1,5.$$

Коническая дюймовая резьба по ГОСТ 6111–52 имеет треугольный профиль с углом $\alpha = 60^\circ$ (табл. 10.2). Ее нарезают на конических поверхностях деталей с конусностью 1:16. В обозначении конической дюймовой резьбы указывают букву K , условный диаметр в дюймах и номер стандарта. Например: $K 1\frac{1}{2}''$ ГОСТ 6111–52.

Трубная коническая резьба по ГОСТ 6211–81 имеет треугольный профиль с углом $\alpha = 55^\circ$ и закругленной вершиной (табл. 10.2). Ее наре-

зают на конических поверхностях деталей с той же конусностью 1:16. Размеры резьбы в основной плоскости соответствуют размерам трубной цилиндрической резьбы.

В условном обозначении трубной конической резьбы указывают тип резьбы (буквой R – для наружной резьбы, буквой R_c – для внутренней резьбы) и обозначение размера резьбы (условный диаметр в дюймах). Например, $R1\frac{1}{2}$ – трубная коническая наружная резьба с условным диаметром $1\frac{1}{2}$ " (рис. 10.12).

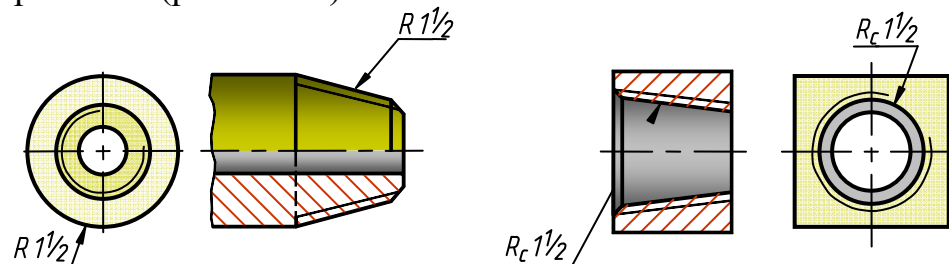


Рис. 10.12

Трапецидальная одноходовая резьба по ГОСТ 9484–81 имеет профиль в виде равнобокой трапеции с углом 30° между боковыми сторонами (рис. 10.13, а). Для каждого диаметра предусмотрено, как правило, три шага. В условном обозначении одноходовой трапецидальной резьбы указывают буквы Tr , наружный диаметр и шаг, например: $Tr\ 32 \times 6$ (рис. 10.13, б).

Многозаходная трапецидальная резьба обозначается буквами Tr , номинальным наружным диаметром резьбы, числовым значением хода и в скобках буквой P и числовым значением шага. Между номинальным диаметром и значением хода резьбы ставят знак « \times », например: $Tr20 \times 4(P2)$. Обозначение левой резьбы дополняют буквами LH , например: $Tr32 \times 6LH$, $Tr80 \times 40(P10)LH$ (рис. 10.13, в).

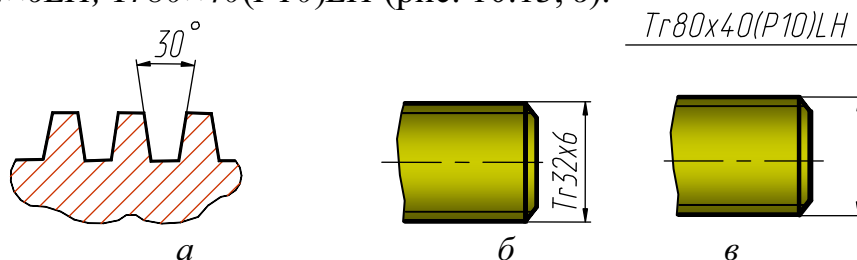


Рис. 10.13

Упорная резьба по ГОСТ 10177–82 имеет профиль в виде неравнобокой трапеции с углом 3° рабочей стороны и 30° нерабочей (рис. 10.14, а). Впадины профиля закруглены. Как и трапецидальная, упорная резьба при одном диаметре может иметь различные шаги.

В условное обозначение упорной резьбы входят буква *S* (указывающая тип резьбы), номинальный наружный диаметр и шаг, например: *S50×8*. Для левой резьбы после условного обозначения размера резьбы указывают буквы *LH*, например: *S 50×8LH* (рис. 10.14, б).

Условное обозначение многозаходной резьбы содержит букву *S*, номинальный наружный диаметр, значение хода, в скобках букву *P* и значение шага, например: *S 50×24(P8)* (рис. 10.14, в).

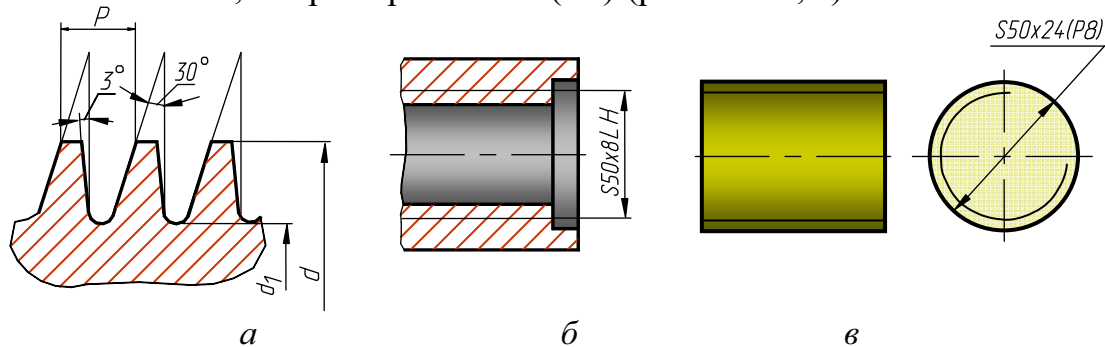


Рис. 10.14

Резьба прямоугольная (квадратная) не стандартизована. Ее применяют для передачи осевых сил в грузовых винтах и движения в ходовых винтах.

Основными недостатками резьбы являются трудность устранения осевого биения и меньшая прочность по сравнению с трапецеидальной и упорной резьбами.

Так как резьба не стандартизована, то на чертеже приводят все данные, необходимые для ее изготовления (рис. 10.15).

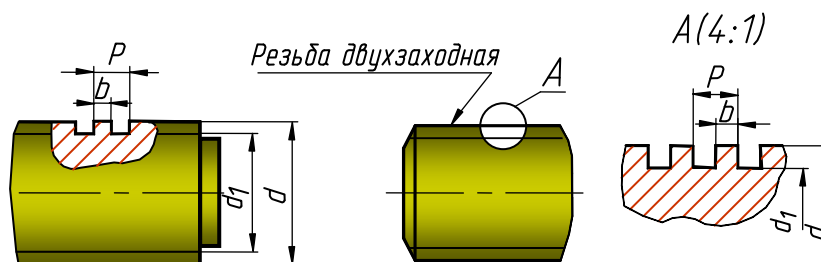


Рис. 10.15

Резьба Эдиссона круглая – для цоколей и патронов электрических ламп и подобных изделий по ГОСТ 6042–83.

Пример обозначения: *E14 ГОСТ 6042–83*.

Резьба круглая для санитарно-технической арматуры (для шпинделей вентилей смесителей, туалетных и водопроводных кранов) по ГОСТ 13536–68 только с резьбой диаметра 12 мм.

Пример обозначения: *Kp.12×2,54 ГОСТ 13536–68*, где диаметр резьбы – 12 мм и шаг – 2,54 мм.

Таблица 10.2

Тип резьбы	Профиль резьбы	Условное изображение и обозначение резьбы			
		Наружная резьба		Внутренняя резьба	
		На пл-ти параллельно оси резьбы	На пл-ти перпендикулярно оси резьбы	В разрезе	На виде (при отсутствии разреза)
Метрическая с крупным шагом, ГОСТ 9150-81					
Метрическая с мелким шагом, ГОСТ 9150-81					
Дюймовая цилиндрическая, ОСТ НКТП 1260					
Коническая дюймовая, ГОСТ 6111-52					
Трубная цилиндрическая, ГОСТ 6357-81					
Трубная коническая, ГОСТ 6211-81					
Тrapeцеидальная, ГОСТ 9484-81					
Упорная, ГОСТ 10177-82					
Прямоугольная					

Аналогичный профиль имеет *резьба круглая* (но для диаметров 8...200 мм).

Пример обозначения: *Rd16; Rd16LH*

Кроме указанных, существуют стандартные резьбы других типов для специального назначения.

Специальные резьбы бывают со стандартным профилем и нестандартными размерами шага или диаметра. В обозначение таких резьб включают буквы *Сп* (резьба специальная), затем указывают обозначение резьбы, размеры наружного диаметра и шага. Например, *СпМ60×3,5* означает, что резьба специальная метрическая с наружным диаметром 60 мм и мелким нестандартным шагом 3,5 мм.

Размеры конструктивных и технологических элементов резьбы

Конструктивные и технологические элементы резьбы (фаски, сбеги резьбы, недорез, проточки) имеют точно установленные формы и размеры.

Конические фаски на стержнях и в отверстиях с резьбой имеют форму усеченного конуса (рис. 10.16).

Проточки на чертежах деталей обычно изображают упрощенно, но дополняют чертеж выносным элементом. На рис. 10.17 и 10.18 показан пример изображения проточки типа 1 для наружной и внутренней резьбы (размеры указаны буквами).

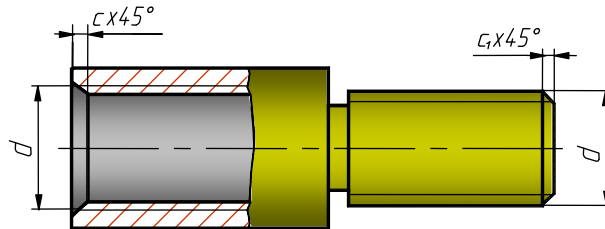


Рис. 10.16

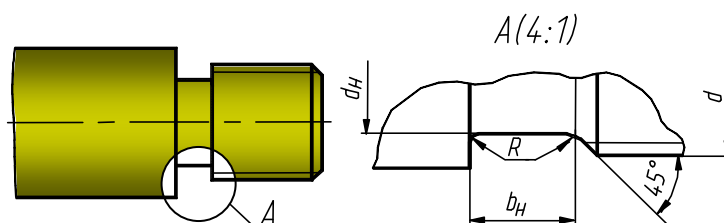


Рис. 10.17

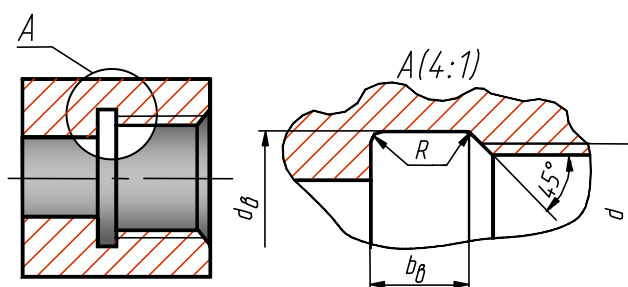


Рис. 10.18

При выполнении чертежей конструктивные и технологические элементы часто изображают по условным соотношениям размеров, но по правилам, установленным ГОСТ 2.311–68.

Так, для метрической резьбы с шагом P используют следующие соотношения. Ширину проточек для метрической резьбы, имеющей шаг P , принимают равной длине соответствующего недореза, т. е. $b_n \approx 3P$ и $b_v \approx 4P$ (рис. 10.3, а, б; 10.17; 10.18). Размер диаметра d_n наружной проточки берут немного меньше размера внутреннего диаметра резьбы, а размер диаметра d_v внутренней проточки – немного больше размера наружного диаметра резьбы.

10.3. Резьбовые изделия и соединения

Резьбовые соединения получили очень большое распространение в технике. Обычно их подразделяют на два типа:

- а) соединения, которые осуществляют непосредственным свинчиванием соединяемых частей;
- б) соединения, которые осуществляют с помощью специальных соединительных деталей, таких, как болты, винты, шпильки, фитинги и др.

Наиболее распространенные резьбовые изделия – это болты, винты, шпильки, гайки и др. Все изделия стандартизованы.

Болты. Болт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, а на другом – резьба для навертывания гайки. По степени точности изготовления болты делятся на болты нормальной, повышенной и грубой точности. Головки болтов различны по форме (шестигранные, квадратные, специальные). Наиболее широко применяют болты с шестигранной головкой.

Болты могут иметь метрическую резьбу с крупным или мелким шагом. На рис. 10.19 показаны три исполнения болта с шестигранной головкой:

- без отверстия в стержне и головке;
- с отверстием в стержне для стопорения шплинтом;
- с двумя отверстиями в головке для стопорения проволокой.

Для предохранения от самоотвинчивания крепежных резьбовых деталей, возникающих от ударов, вибраций и др. применяют стопорные и пружинные шайбы, шплинты и контровочную проволоку, которой соединяют вместе группу болтов третьего исполнения.

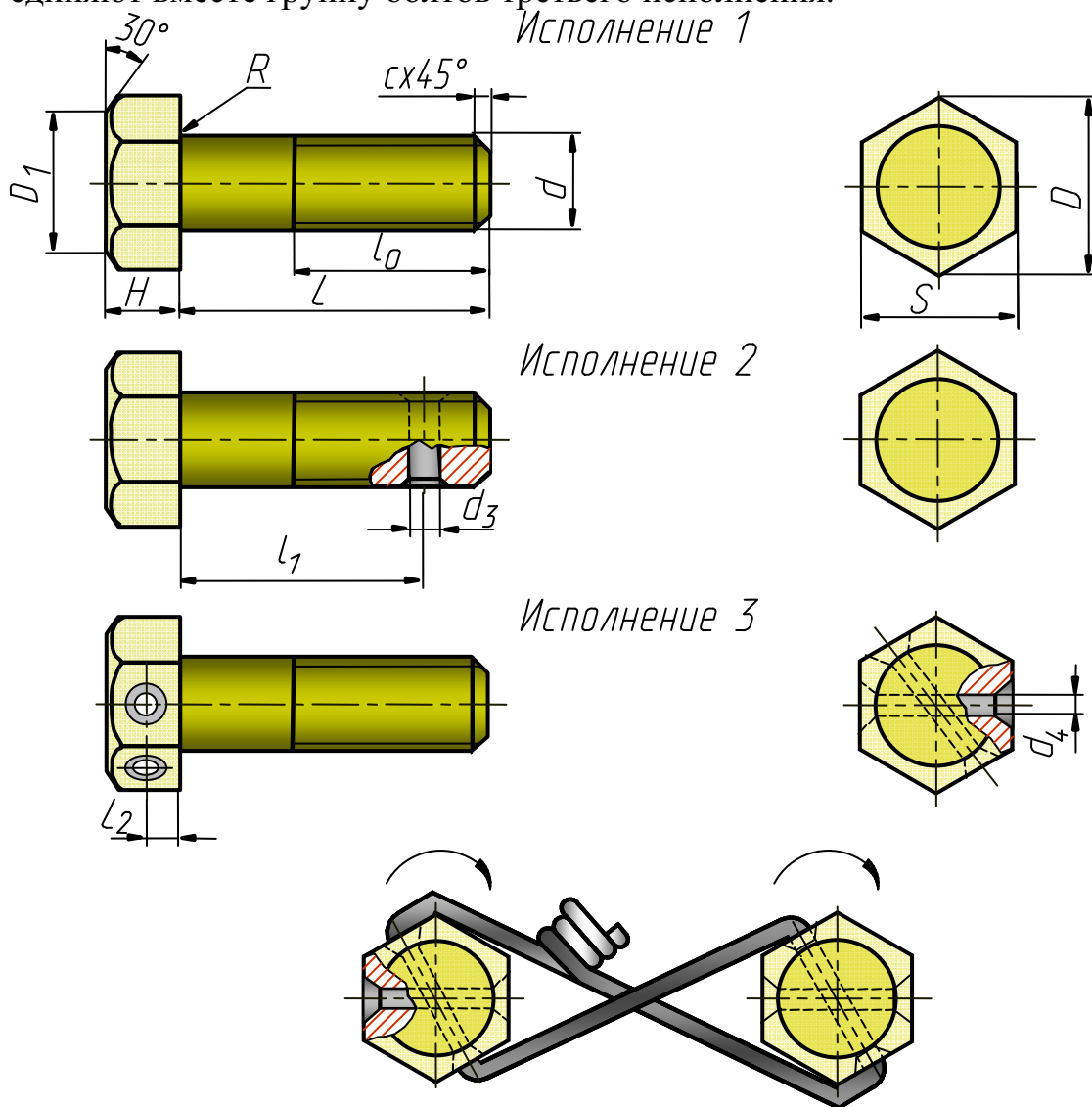


Рис. 10.19

Для увеличения прочности болта в месте перехода от стержня к головке выполняют скругление радиуса R – так называемую галтель. Термин «длина болта» означает длину стержня – размер l . Во избежание заоя резьбы и для облегчения навинчивания гайки конец стержня с резьбой обычно обтачивают на конус (снимают фаску).

Пример условного обозначения болта:

Болт М10×50 ГОСТ 7798-70 – болт с шестигранной головкой (ГОСТ 7798-70), исполнения 1 (исполнение 1 в обозначении не указывается), с метрической резьбой диаметром $d=10$ мм, с крупным шагом резьбы (крупный шаг в обозначении не указывается) и длиной болта 50 мм.

Винты. Винт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, а на другом – резьба.

Винты подразделяют на крепежные и установочные (нажимные, регулировочные и др.)

Наиболее широко применяют винты крепежные для металла (рис. 10.20):

- с цилиндрической головкой по ГОСТ 1491-80 (рис.10.20, а);
- с полукруглой головкой по ГОСТ 17473-80 (рис. 10.20, б);
- с потайной головкой по ГОСТ 17475-80 (рис. 10.20, в);
- с полупотайной головкой по ГОСТ 17474-80 (рис. 10.20, г).

Винты с цилиндрической головкой изготовляют одного исполнения – с прямым шлицом.

Винты с полукруглой, потайной и полупотайной головками изготовляют двух исполнений – с прямым и крестообразным шлицом.

Длиной винта l является длина стержня. У винтов с потайной и полупотайной головкой длина винта l включает длину стержня и высоту головки K .

Примеры условных обозначений винтов:

Винт М10×50 ГОСТ 17473-80 – винт с полукруглой головкой (ГОСТ 17473-80), исполнения 1 (исполнение 1 в обозначении не указывается) с метрической резьбой диаметром 10 мм, с крупным шагом (крупный шаг в обозначении не указывается) и длиной винта 50 мм.

Винт 2М10×50 ГОСТ 17474-80,

где 2 – исполнение;

M – метрическая резьба;

10 – диаметр резьбы, мм;

50 – рабочая длина, мм;

форма головки – полупотайная.

Шурупы – винты для скрепления деревянных и пластмассовых деталей, а также для скрепления с ними металлических деталей. Они имеют заостренный конец стержня и особый профиль резьбы (рис. 10.21).

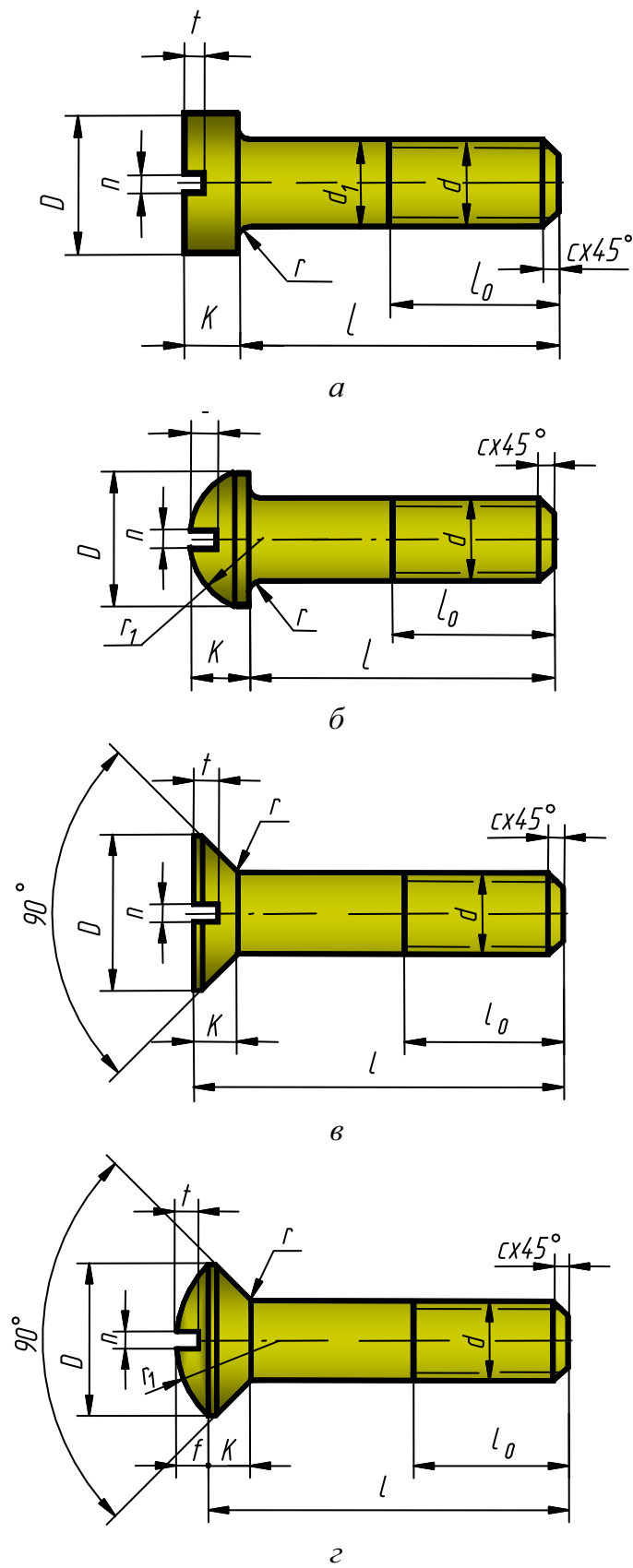


Рис. 10.20

Шурупы выпускают с полукруглой (ГОСТ 1144-80), потайной (ГОСТ 1145-80), с полупотайной (ГОСТ 1146-80) головкой в четырех исполнениях; с шестигранной головкой (ГОСТ 11473-75) в одном исполнении.

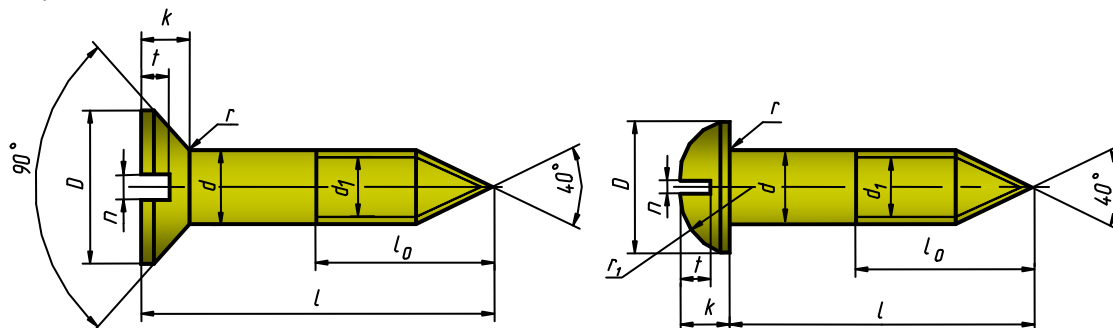


Рис. 10.21

Пример обозначения:

Шуруп 4 – 3×20 ГОСТ 1146-80,

где 4 – исполнение; 3 – диаметр, мм; 20 – длина шурупа, мм.

Установочные винты выпускают с различной формой головки и нажимного конца (с коническим, цилиндрическим, плоским и др.), рис. 10.22. Структура обозначения установочных винтов аналогична структуре обозначения крепежных винтов.

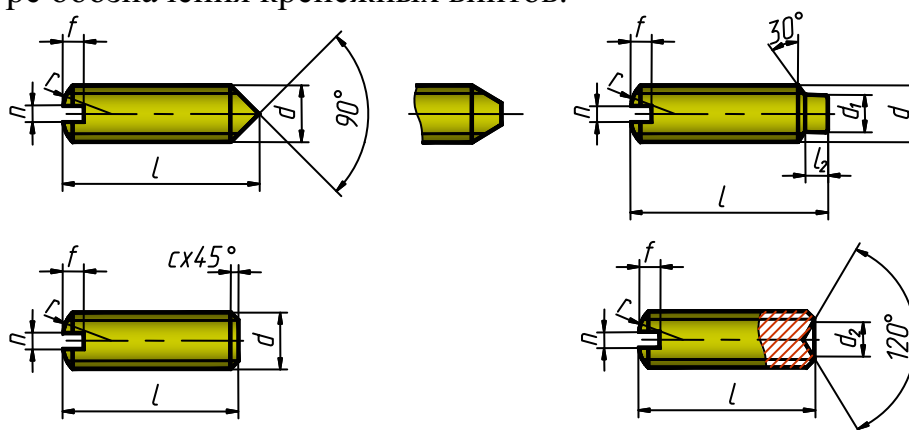


Рис. 10.22

Шпильки. Шпилькой называется крепежная деталь, представляющая собой цилиндрический стержень, оба конца которого имеют резьбу (рис. 10.23). Конструкция и размеры шпилек стандартизованы. Шпильки общего применения предназначены для соединения деталей как с резьбовыми, так и с гладкими отверстиями. Они выполняются двух классов точности и в двух исполнениях. У шпилек исполнения 1 диаметр резьбы равен диаметру стержня ($d=d_1$). Шпильки исполнения 2 имеют диаметр стержня d_1 , приблизительно равный среднему диаметру резьбы.

Условное обозначение элементов шпильки (рис. 10.23):

d – номинальный диаметр резьбы;

d_1 – диаметр стержня;

l – длина шпильки (длина стяжного конца шпильки);

l_1 – длина ввинчиваемого (посадочного) резьбового конца;

l_0 – длина гаечного конца.

Исполнение 1

Исполнение 2

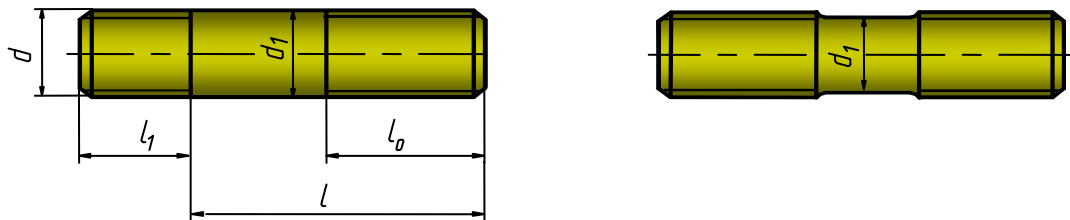


Рис. 10.23

Длина l_1 ввинчиваемого резьбового конца шпильки зависит от материала той детали, в которую ввинчивают шпильку. Для резьбовых отверстий в стальных, латунных и бронзовых деталях – $l_1 = d$; в деталях из ковкого чугуна – $l_1 = 1,25d$ или $l_1 = 1,6d$; для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов – $l_1 = 2d$ или $l_1 = 2,5d$.

Допускается изготавливать шпильку с разным шагом на гаечном и ввинчиваемом концах.

Пример условного обозначения:

- Шпилька $M20 \times 150$ ГОСТ 22032-76 –

шпилька с ввинчиваемым концом длиной $l_1 = d$ (ГОСТ 22032-76), исполнения 1 (не указывается), с диаметром резьбы $d = 20$ мм, с крупным шагом $P = 2,5$ мм (не указывается), длиной $l = 150$ мм.

- Шпилька $M20 \times \frac{1,5}{2,5} \times 160$ ГОСТ 22040-76 –

шпилька с ввинчиваемым концом длиной $l_1 = 2,5d$ (ГОСТ 22040-76), исполнения 1 с диаметром резьбы $d = 20$ мм, с мелким шагом $P = 1,5$ мм на ввинчиваемом конце, с крупным шагом $P = 2,5$ мм на гаечном конце, длиной $l = 160$ мм.

Гайки. Гайка – это резьбовое изделие, имеющее отверстие с резьбой для навинчивания на болт или шпильку. Гайки классифицируют:

- по форме поверхности;
- по характеру исполнения;
- по точности изготовления.

По форме поверхности различают гайки шестигранные (рис. 10.24, а); гайки-барашки (рис. 10.24, б); шестигранные корончатые

и прорезные, которые используют в соединении с болтом исполнения 2 (рис. 10.24, в); квадратные; круглые (с радиально расположенными отверстиями, рис. 10.25, а, с отверстиями на торце, рис. 10.25, б, шлицевые, рис. 10.25, в, со шлицем на торце, рис. 10.25, г и др.

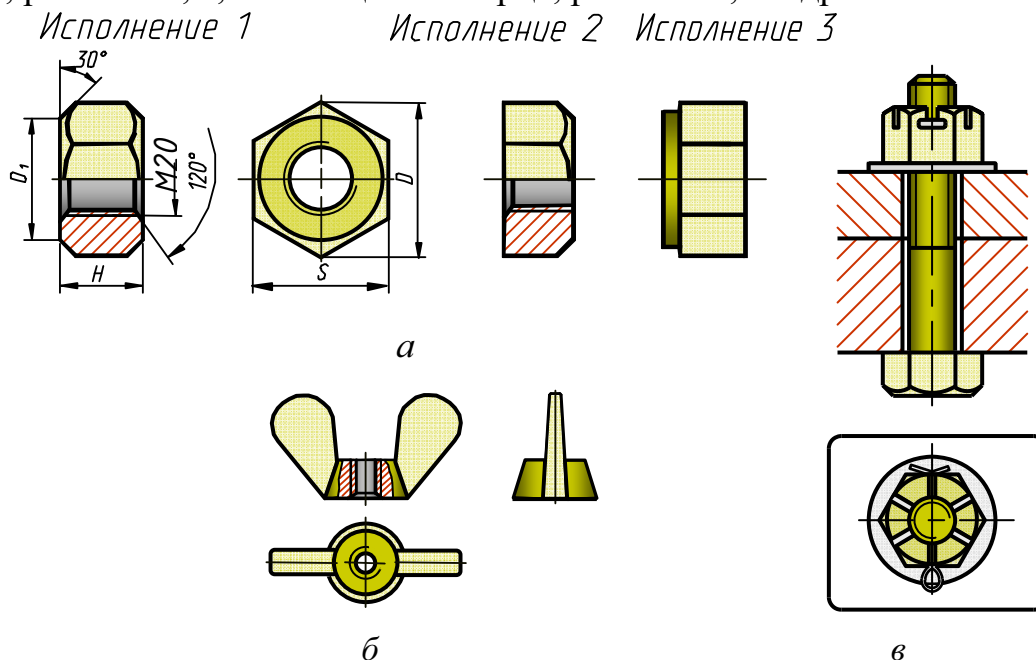


Рис. 10.24

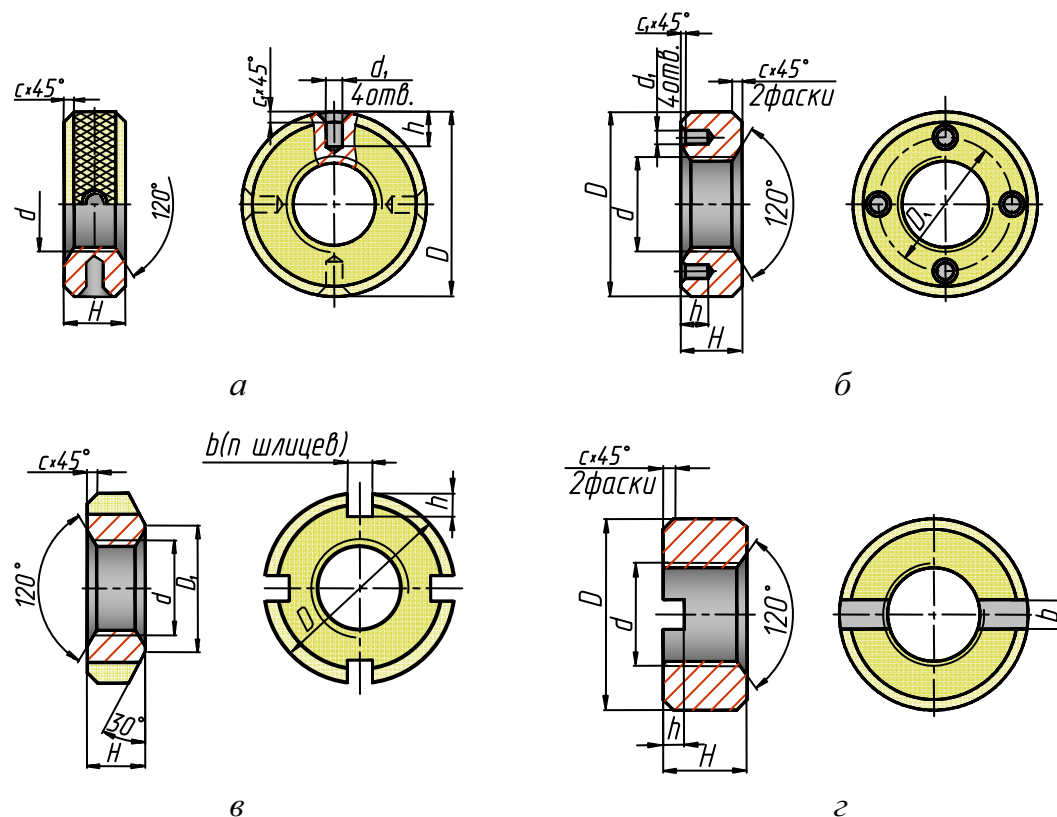


Рис. 10.25

Наиболее широкое применение получили шестигранные гайки, которые изготавливаются повышенной, нормальной и грубой точности. Класс точности определяет чистоту отдельных поверхностей гайки. Гайки повышенной и нормальной точности имеют метрическую резьбу с крупным или мелким шагом. Гайки класса грубой точности имеют резьбу только с крупным шагом.

Шестигранные гайки по конструкции подразделяются на обыкновенные (рис. 10.24, *а*); прорезные и корончатые; нормальной высоты, низкие, высокие и особо высокие.

Шестигранные гайки по исполнению могут быть трех видов:

- исполнения 1 – с двумя наружными коническими фасками;
- исполнения 2 – с одной наружной конической фаской;
- исполнения 3 – с цилиндрическим или коническим выступом на одном торце гайки и без наружных фасок. Гайки исполнения 3 бывают только нормальной и грубой точности.

Определенный тип гайки выбирают в зависимости от ее назначения и условий работы. Высокие и особо высокие гайки применяют в тех случаях, когда в процессе эксплуатации необходимо часто разбирать резьбовое соединение. Их применяют также, когда на соединение действует большое осевое усилие. При незначительных осевых усилиях применяют низкие гайки. Для навинчивания вручную (без ключа) используют гайки-барашки (рис. 10.24, *б*).

Для соединений, подверженных вибрациям, применяют прорезные и корончатые гайки со шплинтами (рис. 10.24, *в*).

Примеры условных обозначений:

Гайка М16 ГОСТ 5915-70 – гайка исполнения 1, с диаметром резьбы 16 мм, с крупным шагом резьбы.

Гайка 2М16×1,5 ГОСТ 5915-70 – гайка исполнения 2, с диаметром резьбы 16 мм, с мелким шагом резьбы 1,5 мм.

Шайбы. Шайба – это цельная или разрезная пластина с круглым отверстием, которую устанавливают под гайку или головку болта.

Их можно разделить на две группы:

- для предохранения материала детали от задиров и смятия при затяжении гайки. Это круглые (рис. 10.26, *а*), косые (рис. 10.26, *б*) шайбы;
- для исключения возможности самоотвинчивания крепежной детали при работе. Например, пружинные (рис. 10.27), стопорные шайбы.

На рис. 10.28 – стопорная многолапчатая шайба для круглой шлицевой гайки.

Шайбы круглые имеют несколько видов: шайбы обычные нормальные по ГОСТ 11371-78, шайбы увеличенные, шайбы уменьшенные. Шайбы нормальные имеют два исполнения: исполнение 1 без фаски, исполнение 2 с фасками (рис. 10.26, а). Они имеют размеры, согласованные с крепежными деталями с резьбой от 1 до 48 мм.

Пример условного обозначения шайбы исполнения 1 для крепежной детали диаметром 12 мм:

Шайба 12 ГОСТ 11371-78.

Для аналогичной шайбы, но исполнения 2, обозначение будет:

Шайба 2.12 ГОСТ 11371-78.

Исполнение 1

Исполнение 2

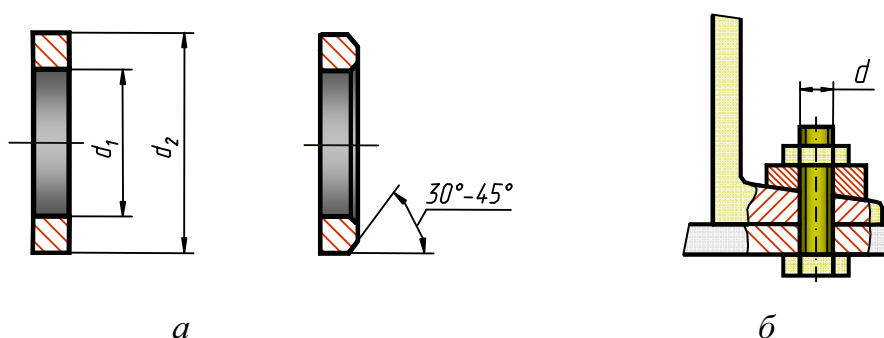


Рис. 10.26

Шайбы пружинные (ГОСТ 6402-70) предохраняют гайку от самоотвинчивания в соединениях, работающих в условиях вибрации и толчков (рис. 10.27).

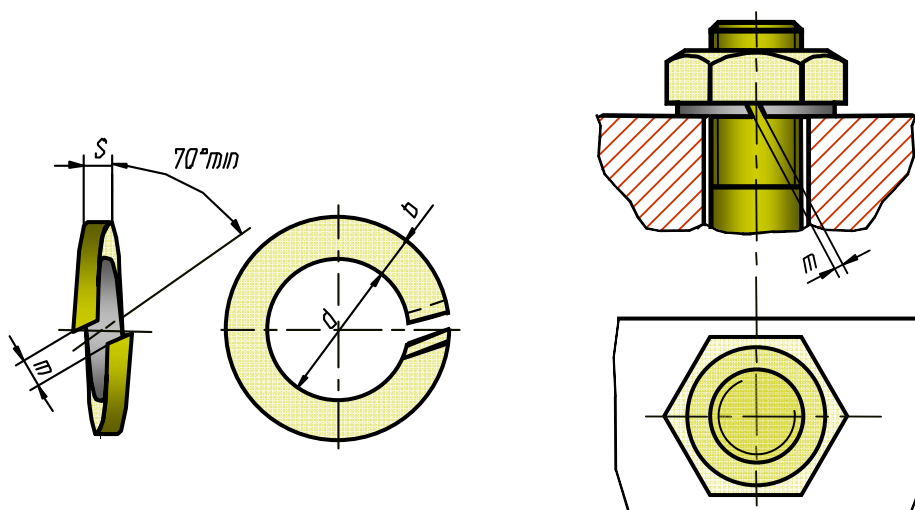


Рис. 10.27

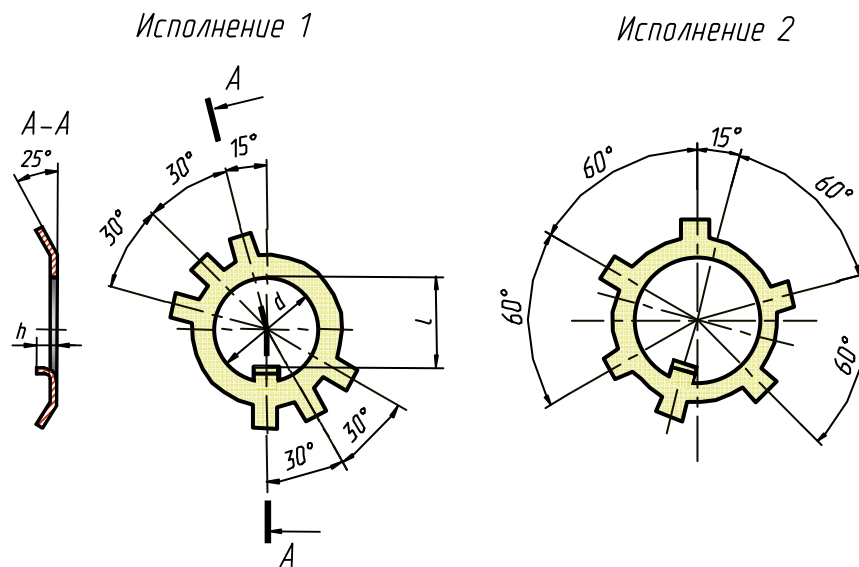


Рис. 10.28

Пружинные шайбы разделяются на типы: легкие (Л), нормальные (Н), тяжелые (Т) и особенно тяжелые (ОТ). Условное обозначение пружинных шайб после диаметра резьбы крепежной детали содержит обозначение типа шайбы (обозначение Н не указывают).

Пример, условного обозначения:

Шайба 12Л ГОСТ 6402-70 обозначает, что шайба пружинная, легкая, исполнения 1, для крепежной детали диаметром 12 мм.

Резьбовые соединения труб

Трубопровод состоит из труб и специальных соединительных частей, которые называются фитингами.

Основным параметром для труб и соединительных частей является условный проход D_y , который равен размеру внутреннего номинального диаметра трубы. Условные проходы стандартизованы. Трубы могут быть укомплектованы муфтами.

В условных обозначениях этих труб после слова «Труба» указывают наличие муфты, покрытия, условный проход, мерную длину в мм и обозначение стандарта.

В условном обозначении усиленных труб после слова «Труба» указывают букву У, легких – букву Л. В условном обозначении труб повышенной точности изготовления после условного прохода ставят букву П.

Примеры условных обозначений:

1. Труба обыкновенная, неоцинкованная, обычной точности изготовления, с условным проходом 40 мм, немерной длины, без резьбы и без муфты:

Труба 40 ГОСТ 3262-75.

2. То же с муфтой:

Труба М – 40 ГОСТ 3262-75.

3. То же мерной длины 8 м, с резьбой:

Труба Р – 40 – 8000 ГОСТ 3262-75.

Соединительные части – фитинги – позволяют соединить сразу несколько труб, устраивать ответвления под разными углами, переходы с одного диаметра на другой и так далее.

Для придания фитингам необходимой жесткости их снабжают по краям буртиками. Для обеспечения лучшего захвата газовым ключом муфты снабжены несколькими ребрами, расположенными на боковой поверхности по направлению образующих. На рис. 10.29, *а* показан чертеж трубы, на рис. 10.29, *б* – прямой короткой муфты по ГОСТ 8954-75, на рис. 10.29, *в* – прямого угольника по ГОСТ 8946-75, на рис. 10.29, *г* – прямого тройника по ГОСТ 8948-75.

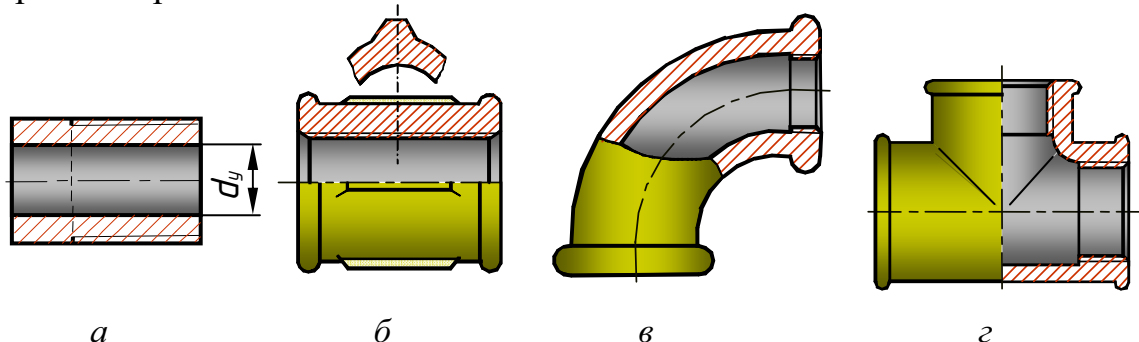


Рис. 10.29

В условном обозначении соединительных частей указывают наименование деталей, условный проход в миллиметрах, номер стандарта.

Например:

Муфта короткая 40 ГОСТ 8954-75 – муфта короткая без покрытия для труб с $D_y=40$ мм;

Угольник 40 ГОСТ 8946-75 – угольник прямой без покрытия для труб с $D_y = 40$ мм.

Если используется муфта для соединения труб с разными диаметрами, то в обозначении муфты указывают оба диаметра:

Муфта 32×25 ГОСТ 8957-75 – муфта переходная без покрытия для труб с $D_y=32$ мм и $D_y=25$ мм.

Изображение разъемных резьбовых соединений

Крепежные детали в соединениях изображают одним из трех способов: *конструктивным, упрощенным* или *условным*.

При конструктивном способе крепежные детали изображают со всеми подробностями по действительным размерам, взятым из соответствующих стандартов.

Упрощенные изображения соединений с крепежными резьбовыми деталями имеют следующие особенности:

а) размеры для вычерчивания деталей определяют по условным соотношениям в зависимости от наружного диаметра резьбы d ;

б) фаски на концах стержней болтов, винтов, шпилек и галтели, а также фаски на гайке, головке болта и шайбе не показывают;

в) резьбу условно показывают на всей длине стержня болта, шпильки и винта (границу резьбы изображают только на ввинчиваемом конце шпильки);

г) внутренний диаметр резьбы принимают равным $0,85 d$;

д) у стержня болта или шпильки на виде с торца резьбу не показывают;

е) зазор между стержнем болта, шпильки, винта и стенкой отверстия соединяемой детали (деталей) не изображают;

ж) границу резьбы полного профиля в глухом отверстии на разрезе не показывают и резьбу условно доводят до дна отверстия, которое изображают плоским на уровне торца стержня;

з) на видах, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси винта, шлиц под отвертку всегда изображают по оси винта линией толщиной $2s$. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси винта, шлиц изображают под углом 45° к рамке чертежа также линией толщиной $2s$. Если при этом шлиц совпадает с центральной линией или близок по направлению к ней, то его располагают под углом 45° к центральной линии (рис. 10.30);

к) при вычерчивании шестигранных гаек и головок болтов, расположенных на фланцах, заглушках и подобных деталях, их наибольший размер совмещают с радиальной центральной линией. Это удобно для построения шестиугольника с помощью циркуля (рис. 10.31).

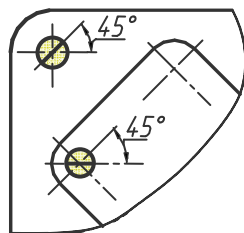


Рис. 10.30

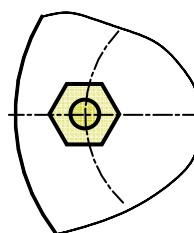


Рис. 10.31

Соединение болтом

Болтовое соединение (рис. 10.32) состоит из болта, гайки, шайбы и соединяемых деталей.

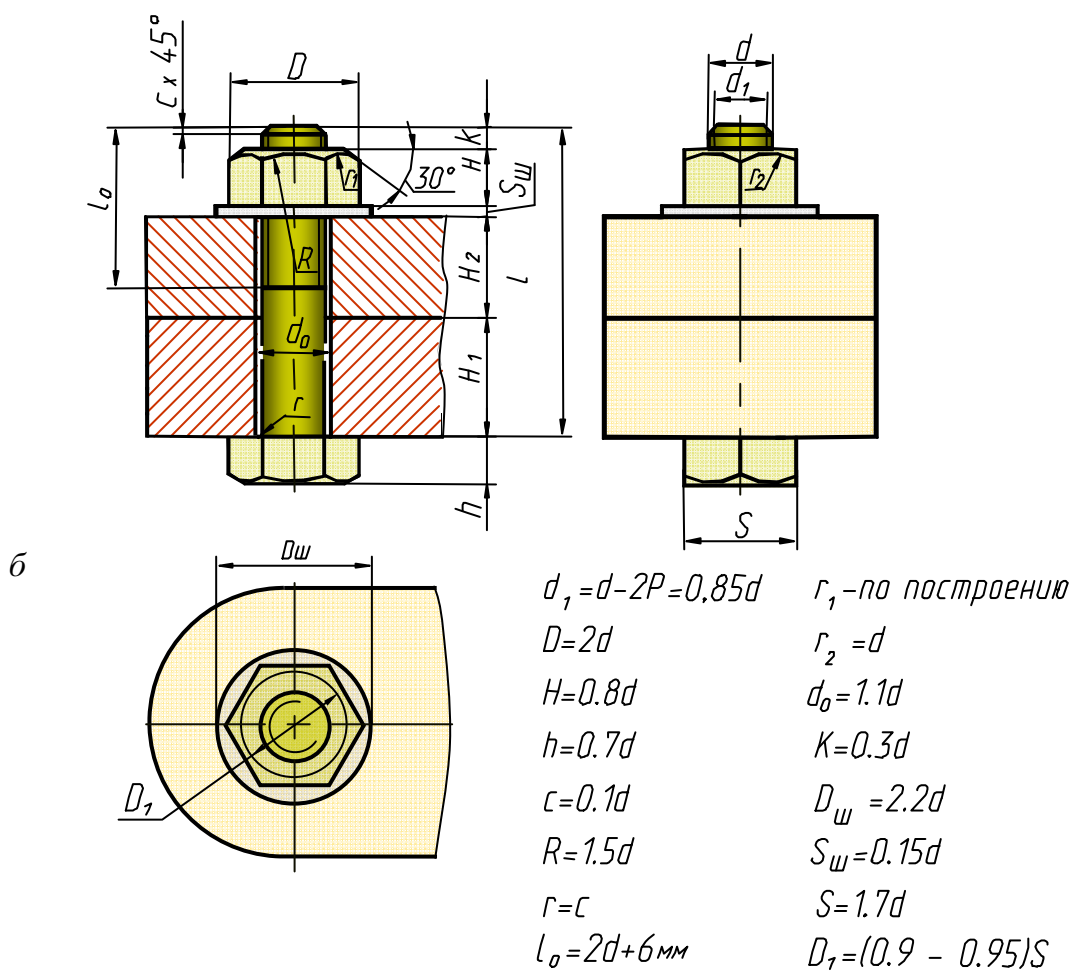
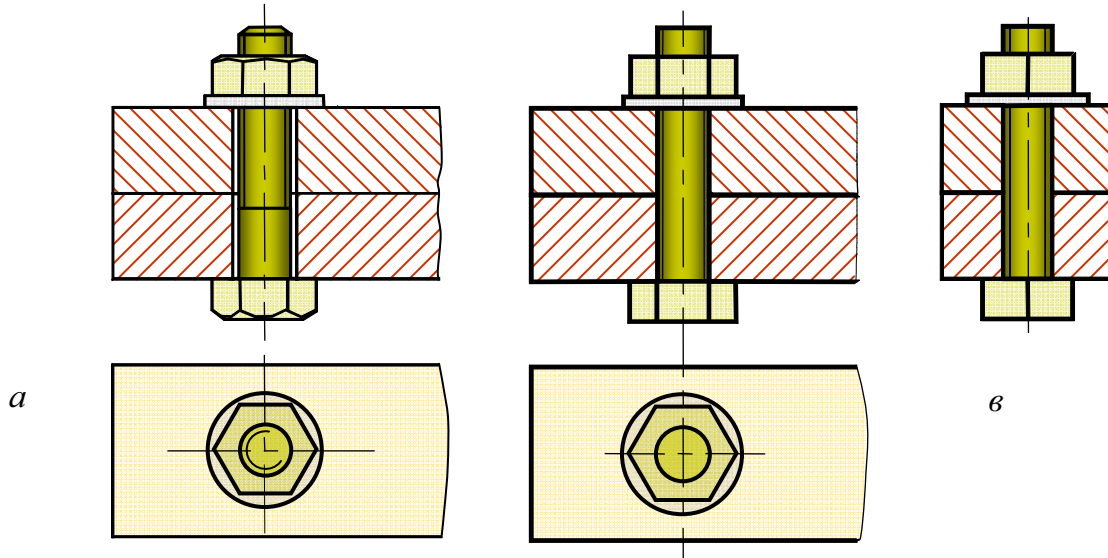


Рис. 10.32

В отверстия соединяемых деталей болт вставляют обычно с зазором. На рис. 10.32, *а* показано конструктивное изображение соединения деталей при помощи болта. Болт, шайба и гайка вычерчены по действительным размерам, взятым из соответствующих стандартов. На рис. 10.32, *б* дано конструктивное изображение болтового соединения по условным соотношениям размеров, указанным на чертеже. На рис. 10.32, *в* показано упрощенное изображение того же соединения, выполненное также по условным соотношениям размеров.

Основным размером в условных соотношениях является наружный диаметр d резьбы болта. Длину болта определяют в зависимости от суммы толщин соединяемых деталей (H_1+H_2), толщины шайбы S , высоты гайки H и размера минимального выхода конца болта из гайки K . Полученную путем сложения общую длину стержня сравнивают с данными соответствующего стандарта и берут ближайшую большую стандартную длину.

Соединение шпилькой

На рис. 10.33, *а* показано конструктивное изображение соединения деталей шпилькой, гайкой и шайбой, которые вычерчены по действительным размерам, взятым из соответствующих стандартов. На рис. 10.33, *б* дано конструктивное изображение шпилечного соединения, выполненное по условным соотношениям размеров, приведенным на чертеже болтового соединения.

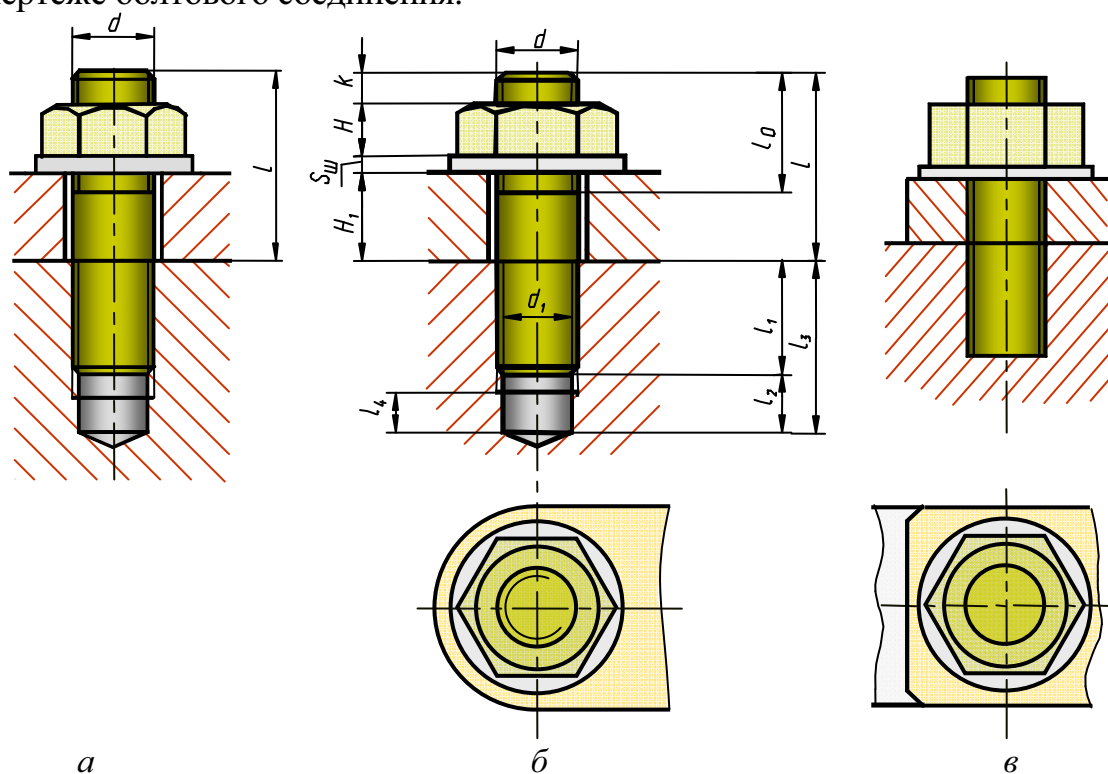


Рис. 10.33

Глубину гнезда определяют по формуле $l_3=l_1+l_2$, в которой $l_1=d$ - для стали, $l_1=1,25d$ - для чугуна, $l_1=2d$ - для алюминия. $l_2=6P$, где P - шаг резьбы, $l_4=4P$. При конструктивном изображении соединения шпилькой линию границы резьбы ввинчиваемого конца условно совмещают с линией разъема деталей. В нижней части глухого отверстия, не занятого шпилькой, сплошные основные линии изображения резьбы шпильки переходят в тонкие линии изображения резьбы отверстия. Очерковые образующие конуса отверстия должны отходить от основных линий цилиндрического отверстия. Штриховку в разрезе доводят до основных линий резьбы на шпильке и в гнезде.

На рис. 10.33, в показано упрощенное изображение соединения шпилькой, которое вычерчено также по условным соотношениям.

Длину l шпильки подсчитывают аналогично длине болта, затем сравнивают с рядом длин, предусмотренных стандартами, и выбирают ближайшее стандартное значение.

Соединение винтом

Это соединение применяют для скрепления двух и более деталей. Винты ввинчивают в базовую деталь. Отверстие под винт может быть глухим или сквозным. Определяющими размерами соединения служит толщина скрепляемых деталей и диаметр стержня винта.

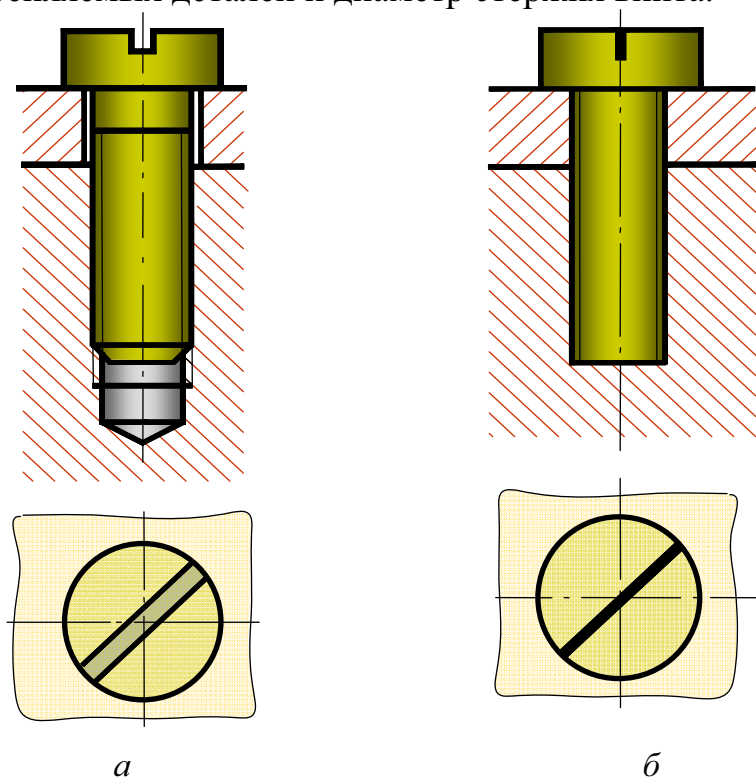


Рис. 10.34

Глубина завинчивания винтов и шпилек в аналогичный материал примерно одинакова. Размеры винтов, диаметры их резьб, а также формы головок выбирают из соответствующих стандартов в каждом отдельном случае в зависимости от характера соединяемых деталей. На рис. 10.34, *а* показано конструктивное изображение соединения деталей винтом с цилиндрической головкой, выполненное по действительным размерам, взятым из соответствующих стандартов. На рис. 10.34, *б* – упрощенное изображение этого соединения. При конструктивном изображении соединения показывают зазор между винтом и отверстием, а также конец глухого резьбового отверстия под винт. В отличие от соединения шпилькой, линия конца резьбы на винте должна быть выше линии разъема деталей на 2 – 3 шага резьбы. Иначе будет невозможна затяжка соединяемых деталей.

10.4. Шпоночные и шлицевые соединения

Шпонка – это деталь, которая устанавливается в пазах двух соединяемых деталей для передачи крутящего момента от одной детали (вала) к другой (зубчатому колесу).

Наиболее распространены шпонки призматические, клиновые и сегментные.

Призматические шпонки бывают обыкновенные, выполняемые по ГОСТ 23360-78, и направляющие – по ГОСТ 8790-79. Клиновые шпонки выполняют по ГОСТ 24068-80 с головкой и без нее. Сегментные шпонки по ГОСТ 24071-80.

Наиболее широко применяются призматические шпонки, выпускаемые в трех исполнениях (рис. 10.35).

Боковые грани у этих шпонок – рабочие.

Сечение шпонки зависит от диаметра вала, длина – от передаваемого крутящего момента и конструктивных особенностей соединения.

В общем случае в условном обозначении призматической шпонки указывается слово «Шпонка», исполнение шпонки (кроме первого), размеры $b \times h \times l$ и стандарт шпонки.

Пример обозначения:

Шпонка 2 – 18×11×100 ГОСТ 23360-78,

где 2 – исполнение шпонки;

18 – ширина шпонки, мм;

11 – высота шпонки, мм;

100 – длина шпонки, мм.

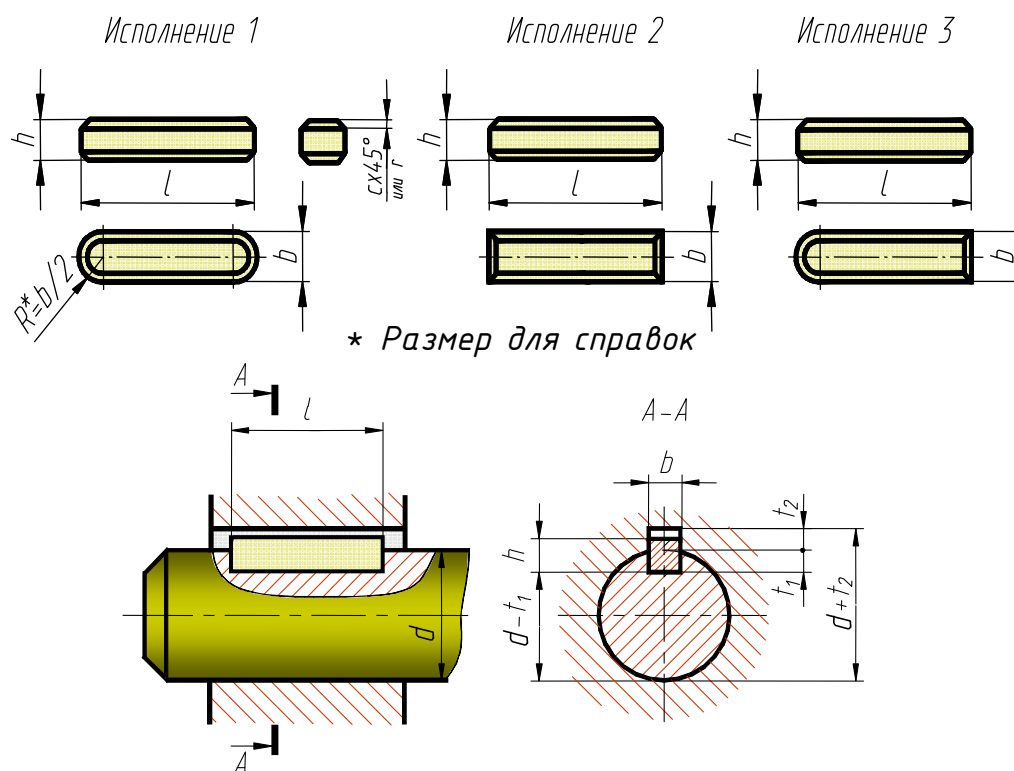


Рис. 10.35

Клиновые шпонки выпускают по ГОСТ 24068-80 в четырех исполнениях (рис. 10.36). Применяют их в тихоходных механизмах. Рабочие поверхности – верхняя и нижняя грани. Между боковыми гранями шпонки и паза – зазоры.

В обозначении клиновых шпонок указываются такие же параметры, как и в призматических шпонках.

Шпонка 4 – 18×11×100 ГОСТ 24068-80,

где 4 – исполнение шпонки;

18 – ширина, мм;

11 – высота, мм;

100 – длина, мм.

Шпонки сегментные выпускают по ГОСТ 24071-80 в двух исполнениях (рис. 10.37). Применяют при передаче небольших крутящих моментов (так как глубокий паз ослабляет вал) на концах валов небольших диаметров ($d \leq 55$ мм).

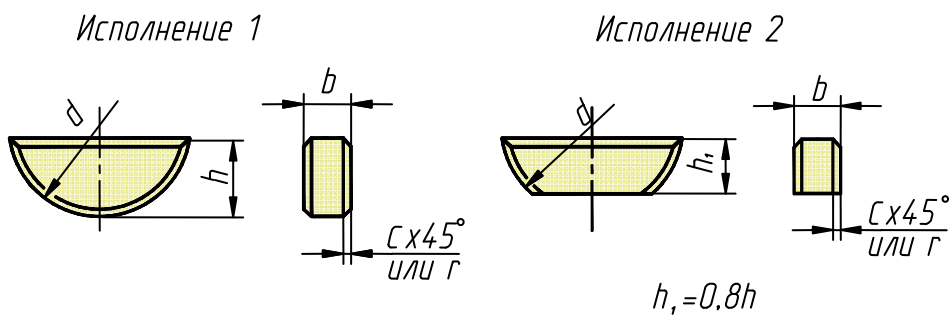
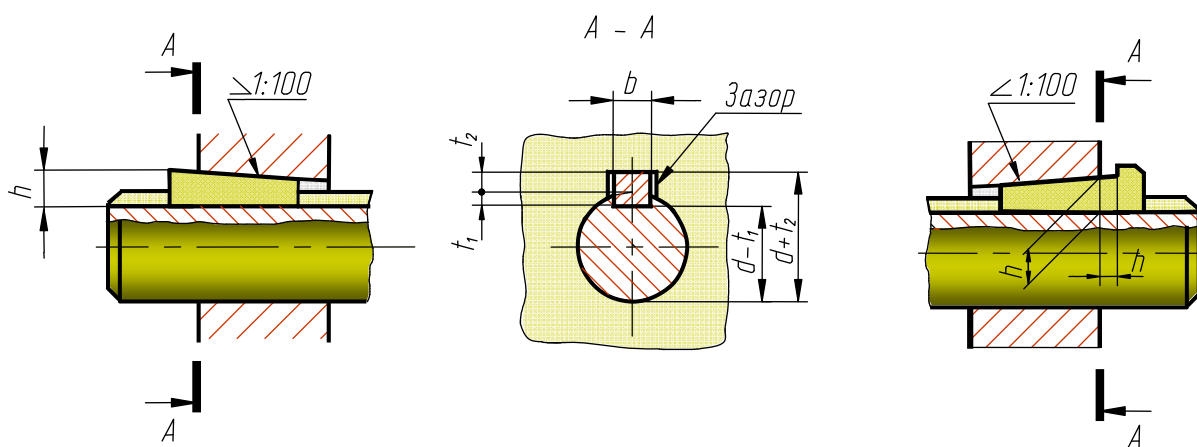
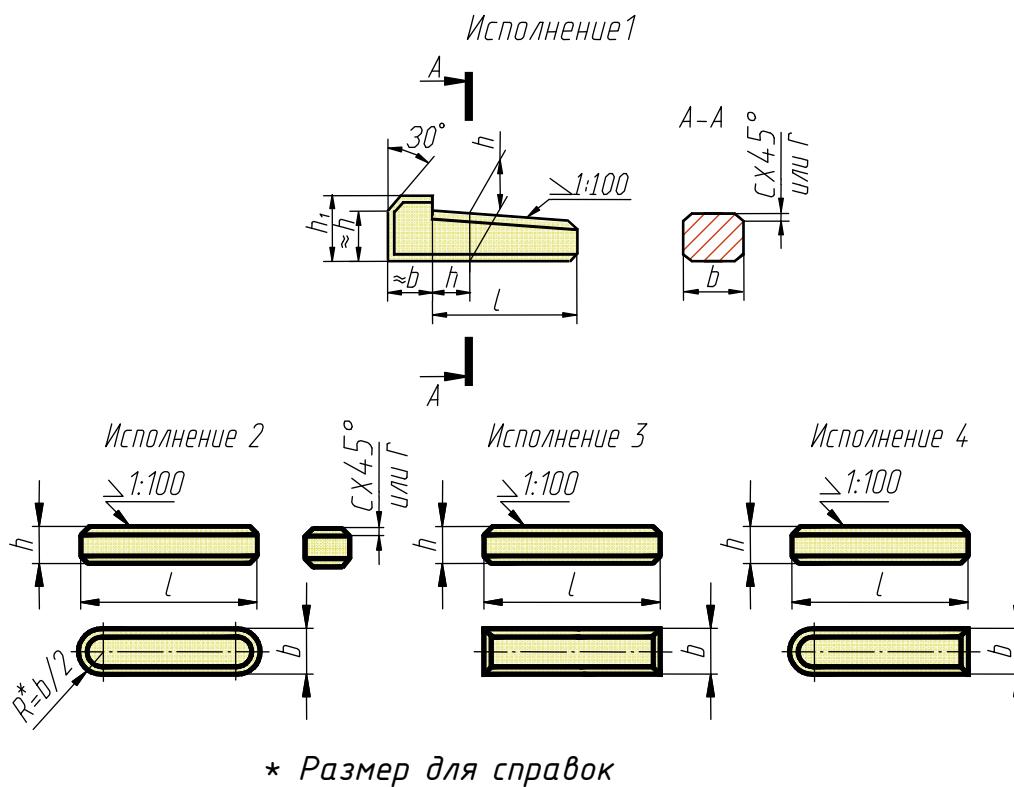


Рис. 10.37

Пример условного обозначения:

Шпонка 5×6,5 ГОСТ 24071-80,

где 5 – ширина, мм и 6,5 – высота шпонки, мм (исполнение 1).

На рис. 10.38 даны примеры нанесения размеров шпоночных пазов.

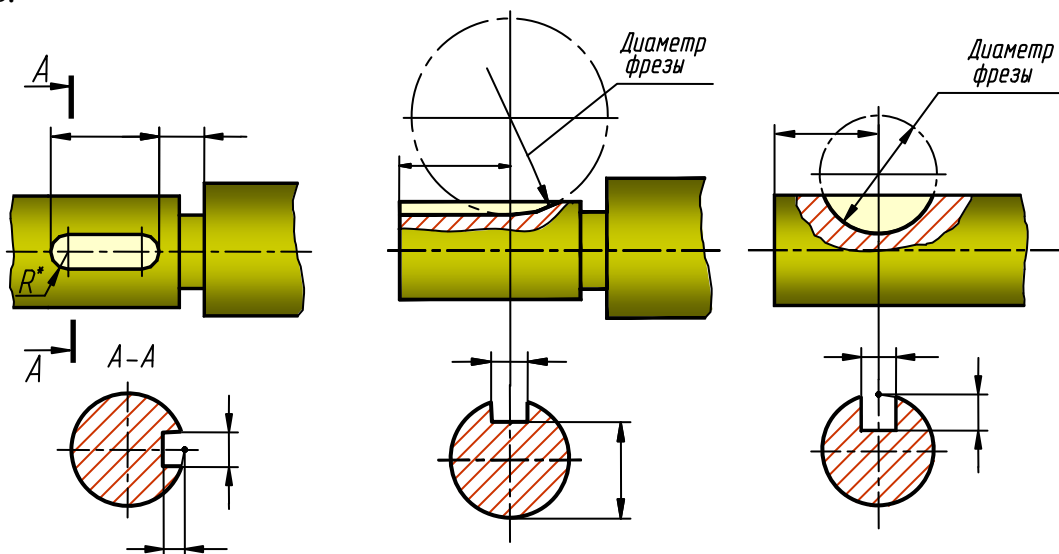


Рис. 10.38

Шлицевые соединения. Эти соединения называются многшпоночными. В них шпонки выполнены как одно целое с валом. Это позволяет передавать большие крутящие моменты по сравнению со шпоночным соединением.

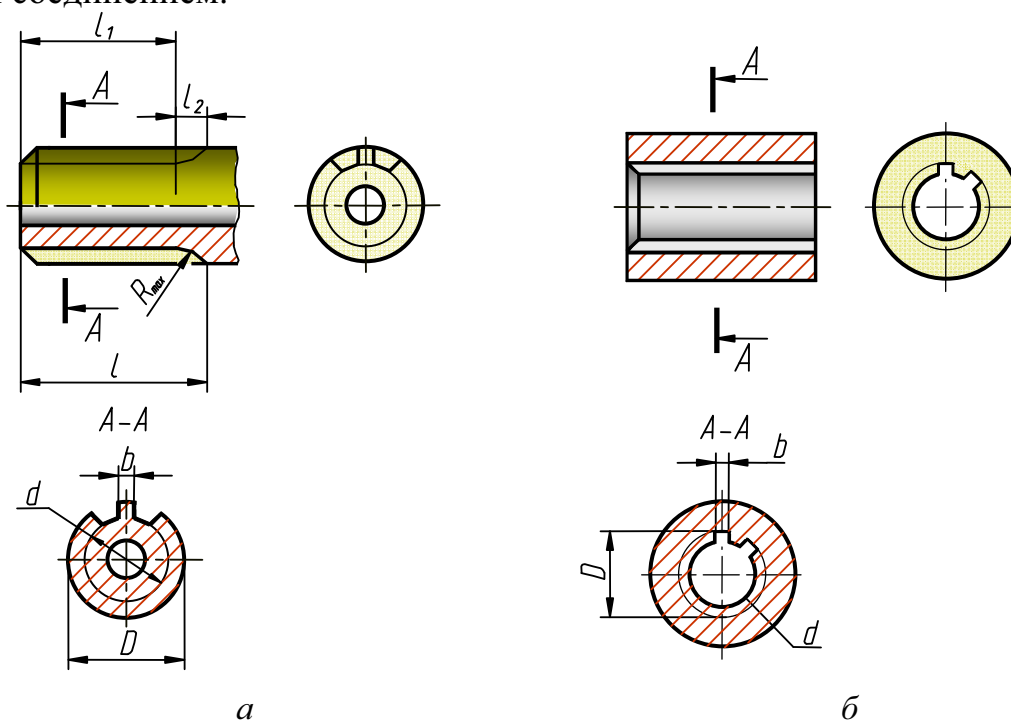


Рис. 10.39

Шлицевые соединения изготавливают с зубьями (выступами) прямоугольной, эвольвентной и треугольной формы. В соединении выступы на валу входят в соответствующие впадины такого же профиля соединяемой детали.

Наиболее распространены шлицевые соединения с прямоугольным профилем выступов, установленные ГОСТ 1139-80. Прямоугольные шлицевые соединения различают по способу центрирования ступицы относительно вала. Центрирование осуществляется по наружному диаметру D , по внутреннему диаметру d или по боковым граням b (рис. 10.39).

Согласно ГОСТ 2.409-74, зубчатые поверхности валов и отверстий на чертежах изображают упрощенно. Окружности и образующие поверхности выступов показывают сплошными основными линиями, а окружности впадин – сплошными тонкими. На продольном (осевом) разрезе сплошными основными линиями показывают и поверхность впадин, и поверхность вершин. Шлицы на валу при этом условно показывают неразрезанными (рис. 10.39). На поперечном разрезе окружность впадин вычерчивают сплошной тонкой линией. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси зубчатого вала или отверстия, показывают профиль одного зуба (выступа) и двух впадин без фасок, канавок и закруглений. Линии штриховки при изображении шлицевого вала и отверстия в продольных разрезах доводят до линий впадин. В поперечных сечениях – до линий выступов. Границу зубчатой поверхности вала, а также границу между зубьями полного профиля и сбегом, показывают сплошной тонкой линией. На чертеже указывают длину зубьев полного профиля l_1 до сбega. Допускается дополнительно указывать полную длину зубьев l , наибольший радиус инструмента R_{max} , длину сбega l_2 (рис. 10.40, а). При продольном разрезе зубчатого соединения показывают только ту часть поверхности выступов отверстия, которая не закрыта валом (рис. 10.41).

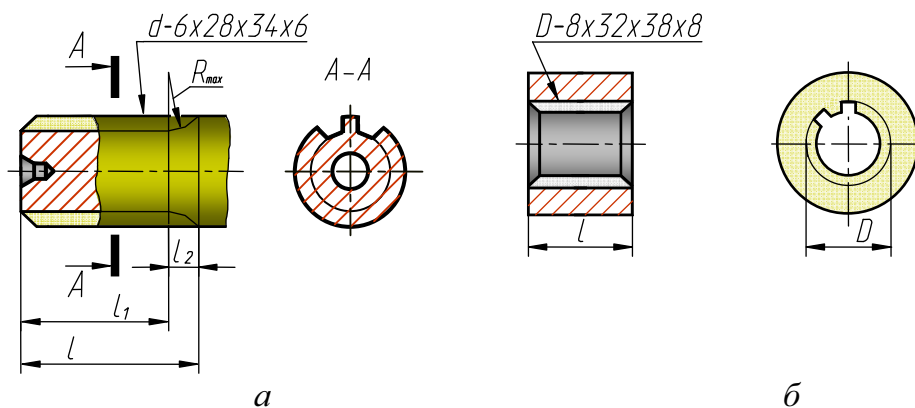


Рис. 10.40

При обозначении шлицевого соединения учитывается способ центрирования:

а) центрирование по внутреннему диаметру d (рис. 10.40, а):

$d-6 \times 28 \times 34 \times 6$, где d – способ центровки; 6 – число зубьев; 28 – внутренний диаметр; 34 – наружный диаметр; 6 – ширина зуба;

б) центрирование по внешнему диаметру D (рис. 10.40, б):

$D-8 \times 32 \times 38 \times 8$, где D – способ центровки; 8 – число зубьев; 32 – внутренний диаметр; 38 – наружный диаметр; 8 – ширина зуба.

На учебных чертежах обычно ограничиваются указанием числа зубьев, размеров внутреннего и наружного диаметров и ширины зуба: $8 \times 36 \times 40 \times 7$ (рис. 10.41).

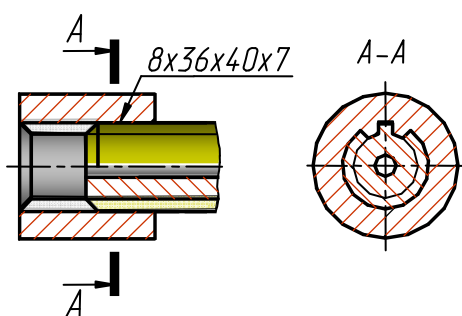


Рис. 10.41

10.5. Неразъемные соединения. Соединения сваркой, пайкой и склеиванием

Неразъемные соединения сваркой, пайкой и склеиванием применяются в технологическом оборудовании, в электронных приборах, радиотехнических устройствах, вычислительной технике, устройствах автоматики и телемеханики. Конструктивно и технологически эти соединения весьма разнообразны, поэтому рассмотрим лишь некоторые из них.

Сварные соединения и их изображения

Различают следующие виды сварных соединений:

стыковое— соединение торцами двух элементов, расположенных в одной плоскости или на одной поверхности (рис. 10.42, а). Обозначают буквой С;

угловое— соединение двух элементов, расположенных под прямым углом и сваренных в месте примыкания их краев (рис. 10.42, б). Обозначают буквой У;

тавровое—соединение, в котором к боковой поверхности одного элемента примыкает под углом и приварен торцом другой элемент (рис. 10.42, в). Обозначают буквой Т;

нахлесточное — соединение, в котором свариваемые элементы расположены параллельно и перекрывают друг друга (рис. 10.42, г). Обозначают буквой Н.

Часть сварного соединения, образовавшаяся в месте соединения в результате сварки и характеризующаяся структурой, отличной от структуры основного металла изделия, называют *сварным швом*.

Сварные швы подразделяют на следующие:

стыковой шов – сварной шов стыкового соединения;

угловой шов – сварной шов углового, таврового и нахлесточного соединения;

точечный шов – сварной шов нахлесточного соединения, в котором связь между сваренными частями осуществляют в отдельных точках.

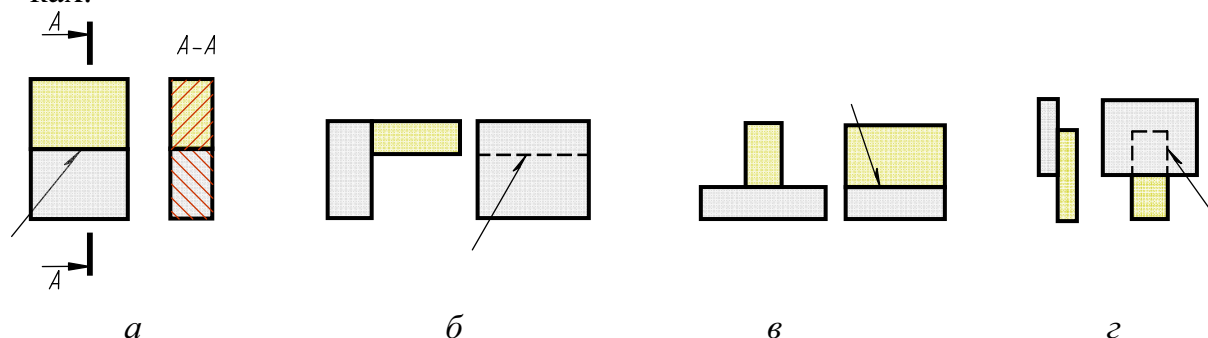


Рис. 10.42

Сварные швы делят на типы по следующим признакам: по протяженности, по внешней форме, по форме подготовленных кромок, т. е. торцовых поверхностей свариваемых деталей, по характеру выполненного шва. По протяженности сварные швы могут быть *непрерывными* и *прерывистыми*. *Непрерывный* – сварной шов без промежутков по длине. *Прерывистый* – сварной шов с промежутками по длине. Прерывистые швы могут быть *цепными* и *шахматными*. *Цепной шов* – это двусторонний прерывистый шов таврового соединения, у которого промежутки расположены по обеим сторонам стенки один против другого. *Шахматный шов* – двусторонний прерывистый шов таврового соединения, у которого промежутки на одной стороне полки расположены напротив сваренных участков другой ее стороны.

Для швов угловых, тавровых, а также нахлесточных соединений указывается размер катета. *Катет углового шва* – это кратчайшее расстояние от поверхности одной из свариваемых частей до границы углового шва на поверхности второй свариваемой части.

Изображение и обозначение сварных швов

Согласно ГОСТ 2.312-72, швы сварных соединений независимо от способа сварки условно изображают так: *видимый* – сплошной основной линией толщиной s (рис. 10.42, а, в), *невидимый* – штриховой линией толщиной $s/2$ (рис. 10.42, б, г).

Видимые одиночные сварные точки независимо от способа их сварки условно изображают знаком «+». Знак выполняют сплошными основными линиями. Невидимые одиночные точки не изображают.

Для указания места расположения шва сварного соединения применяют *линию-выноску с односторонней стрелкой*, которую вычерчивают сплошной тонкой линией толщиной $s/2 - s/3$. Наклон линии-выноски к линии шва рекомендуется выполнять под углом $30^\circ - 60^\circ$. К линии-выноске присоединяют горизонтальную полку такой же толщины. В случае необходимости допускается излом линии-выноски. Предпочтительно проводить ее от изображения видимого шва.

В зависимости от положения стрелки линии-выноски на чертеже условное обозначение наносят так: на полке, если линия-выноска проведена с лицевой стороны шва – рис. 10.43, а, и под полкой линии-выноски, если она проведена с оборотной его стороны – рис. 10.43, б.

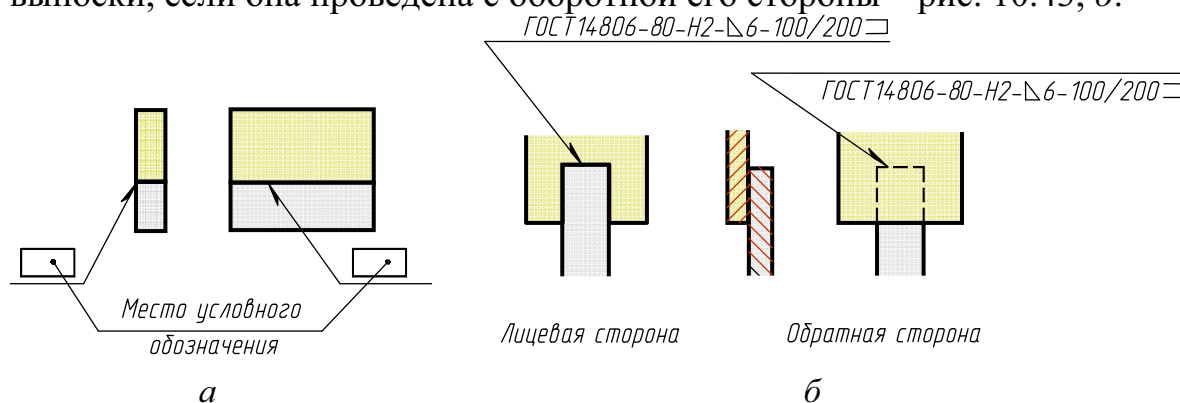


Рис. 10.43

На рис. 10.44 схематично показана структура обозначения стандартного шва согласно ГОСТ 2.312-72. При обозначении шва на чертеже помещают

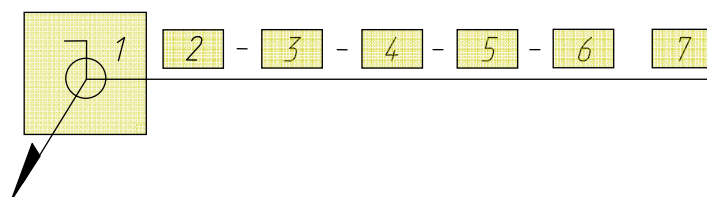


Рис. 10.44

1. Вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва.
2. Номер стандарта на тип и конструкцию шва.
3. Буквенно – цифровое обозначение шва по указанному стандарту на его конструкцию. Например: С4 – шов стыкового соединения без скоса кромок.

4. Условное обозначение способа сварки (допускается не указывать для ручной электродуговой сварки).

5. Знак \triangle и размер катета шва в мм.

6. Размеры шва (длина провара, диаметр точки и др.).

7. Вспомогательные знаки по дополнительной обработке шва.

Вспомогательные знаки:

№ знака	1	2	3	4	5	6	7	8
знак	/	Z	○	⌚	\triangle	○	□	└

№1 – для прерывистого шва с цепным расположением провариваемых участков с указанием длины участка l и шага t (рис. 10.45);

№2 – для прерывистого шва с шахматным расположением провариваемых участков с указанием размеров l и t (рис. 10.45);

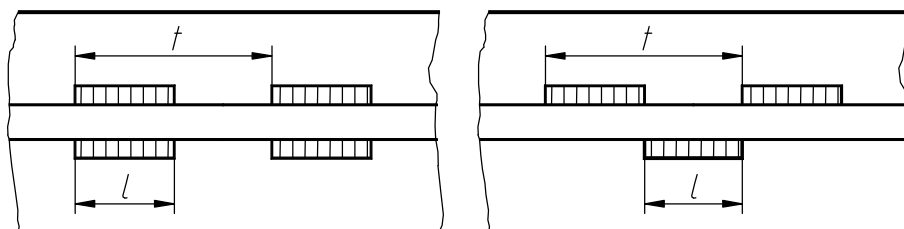


Рис. 10.45

№3 – если требуется снять усиление шва с указанием или без указания шероховатости обработанной поверхности шва;

№4 – когда требуется наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу;

№5 – когда требуется указать размер катета поперечного сечения шва;

№6 – при выполнении шва по замкнутой линии;

№7 – при выполнении шва по незамкнутой линии, поясненной на чертеже;

№8 – когда сварку осуществляют при монтаже изделия.

Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва или указывают в таблице швов, или приводят в технических требованиях чертежа, например: «*Параметр шероховатости поверхности сварных швов...*».

Буквы и цифры в обозначении шва рекомендуется выполнять шрифтом 5 мм, если высота цифр размерных чисел на этом же чертеже принята 3,5 мм.

На рис. 10.46, б дан пример условного обозначения шва, изображенного на рис. 10.46, а. Изображен и обозначен сварной шов стыкового соединения с односторонним скосом одной кромки, двухсторонний (С9), выполненный ручной электродуговой сваркой (ГОСТ 5264-80), усиление шва снять с обеих сторон (Ω). Шероховатость поверхности шва с лицевой стороны $R_z 20$, а с обратной стороны – $R_z 40$. Шов выполняется при монтаже изделия (знак \circ).

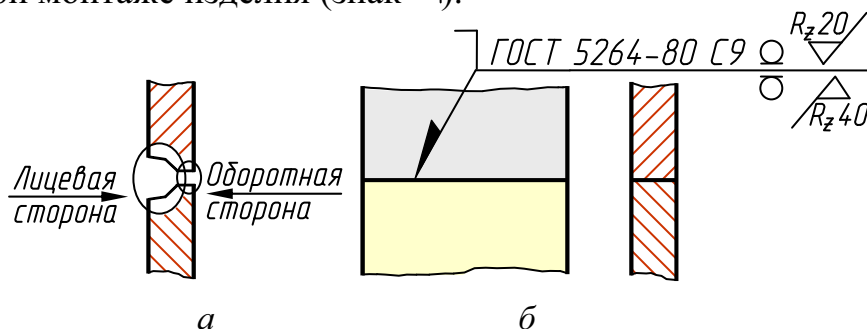


Рис. 10.46

Если на чертеже есть несколько одинаковых швов, обозначение наносят лишь у одного из них, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Швы считают одинаковыми при следующих условиях: одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов, к ним предъявляют одни и те же технические требования, они имеют одинаковые условные обозначения. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят: на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва; на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с лицевой стороны; под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с оборотной стороны.

Упрощения обозначений швов сварных соединений

Если на чертеже есть швы, выполняемые по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях чертежа записью по типу: «Сварные швы по ГОСТ 5264-80».

В этом случае обозначение сварного шва, указанного выше, упрощается.

Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если все швы на чертеже изображены с одной стороны (лицевой или оборотной). При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок, а на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением, указывают количество одинаковых швов. Допускается количество швов не указывать.

На чертеже симметричного изделия при наличии на изображении оси симметрии допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной половине симметрично изображенного изделия.

На чертеже изделия, в котором имеются одинаковые составные части (например, ребра жесткости), привариваемые одинаковыми швами, допускается эти швы отмечать линиями-выносками и обозначение их наносить только один раз. При этом необходимо указывать количество одинаковых швов. Допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указание по сварке записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов, например,

Сварные швы по ГОСТ 5264-80.

Оформление чертежа сварной сборочной единицы аналогично оформлению сборочных чертежей разъемных соединений. Отметим некоторые особенности его выполнения. При изображении в разрезе или сечении сварной конструкции детали соединения должны быть заштрихованы тонкими сплошными линиями в разных направлениях (по общим правилам штриховки разрезов и сечений разъемных соединений). Это преимущественно распространяется на отдельно изображенные сварные сборочные единицы, т. е. состоящие только из сваренных деталей, входящих в данное изделие.

Для упрощения изображения сварную сборочную единицу, данную с другими деталями в разрезе и сечениях, следует штриховать как монолитную (целую) деталь.

На чертеже сварной сборочной единицы, кроме габаритных, установочных и присоединительных размеров, указывают размеры, необходимые для сварки изделия, а также те, по которым обрабатывают изделие после сварки.

При выполнении чертежа сварной сборочной единицы необходимо определить виды сварных соединений, выбрать типы сварных швов и обозначить их. При этом следует учитывать, что в курсе инженерной графики тип сварного шва определяют в зависимости от конструкции свариваемых деталей, а форму и размер скоса кромок под сварку – только в зависимости от толщины свариваемых деталей, без технического обоснованного расчета сварных швов на прочность.

Соединения пайкой и склеиванием

Условные изображения и обозначения соединений пайкой, склеиванием и сшиванием устанавливает ГОСТ 2.313-82.

Соединение паяное получают путем соединения металлических деталей расплавленным металлом (припоем), температура плавления

которого ниже температуры плавления металлов соединяемых деталей. Пайку применяют для получения герметичности, образования покрытия, защищающего от коррозии (лужение), при соединении деталей, несущих небольшую нагрузку, и так далее. В ряде случаев способ соединения пайкой имеет преимущество перед сваркой. Его широко применяют в радиотехнике, электронике, приборостроении.

Существует большое число способов пайки, например, по источнику нагрева – паяльником (простейший способ), погружением в расплавленный припой, газопламенный, лазерный, электронно-лучевой и другие.

Припои подразделяют по температуре расплавления – на легкоплавкие (до 145°C), легкоплавкие (до 450°C), среднеплавкие (до 1100°C), высокоплавкие (до 1850°C) и тугоплавкие (свыше 1850°C); по основному компоненту – на оловянные (ПО), оловянно-свинцовые (ПОС), цинковые (ПЦ), медно - цинковые (латунные, ПМЦ), серебряные (ПСр) и др.

Выпускают припои в виде проволоки (Прв), прутков (Пт), лент (Л) и др.

Марку припоя записывают в технических требованиях по типу:

ПОС 40 ГОСТ 21931-76 (без указания сортамента) или

Припой Прв КР2 ПОС 40 ГОСТ 21931-76 (с указанием сортамента), где *Прв КР2* – проволока круглого сечения диаметром 2 мм; число 40 указывает содержание олова в процентах (остальное – свинец).

Припой ПСр 70 ГОСТ 19738-74 - 70% серебра; 26% меди; 4% цинка.

Припой ПОС 40 – мягкий, *ПСр 70* – твердый.

Как и сварные, паяные швы подразделяют (рис. 10.47) на:

- а) стыковые (ПВ – 1, ПВ – 2,...);
- б) нахлесточные (ПН – 1, ПН – 2,...);
- в) угловые (ПУ – 1, ПУ – 2,...);
- г) тавровые (ПТ – 1, ПТ – 2,...);
- д) соприкасающиеся (ПС – 1, ПС – 2,...).

Независимо от способа пайки швы на видах и разрезах изображают сплошной линией толщиной 2s (рис. 10.47 и 10.48). На линии-выноске помещают условный знак пайки (полуокружность), выполненный основной линией. Линию-выноску вычерчивают тонкой линией. Она начинается от изображения шва двухсторонней стрелкой.

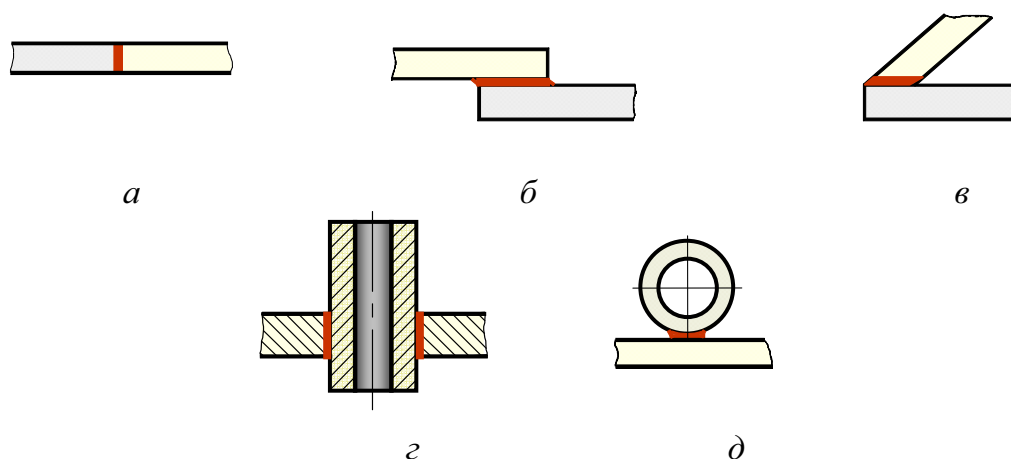


Рис. 10.47

Если выполняется шов по замкнутой линии, в обозначении шва используют знак \bigcirc (окружность диаметром 3 – 5 мм), выполняемый тонкой линией.

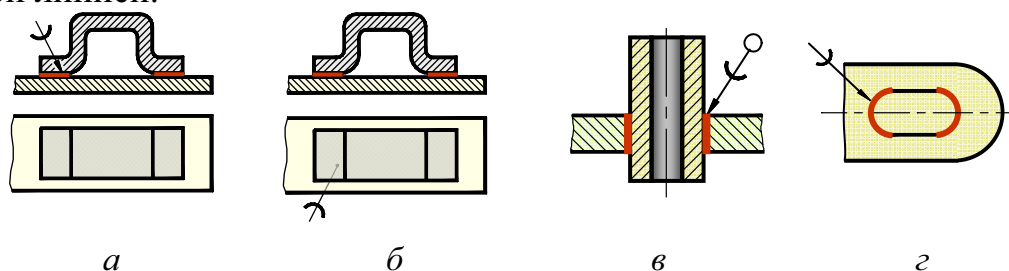


Рис. 10.48

Соединения клееные выполняют клеями различных составов. Этот способ соединения деревянных, пластмассовых и металлических деталей и конструкций находит широкое применение в промышленности. В некоторых случаях склеивание является единственным способом, который можно использовать, например, при соединении деталей из пластика.

Правила изображения полностью совпадают с изложенными выше для паяных соединений, с тем лишь отличием, что знак пайки заменяют знаком склеивания К. Знак выполняется основной линией (рис. 10.49).

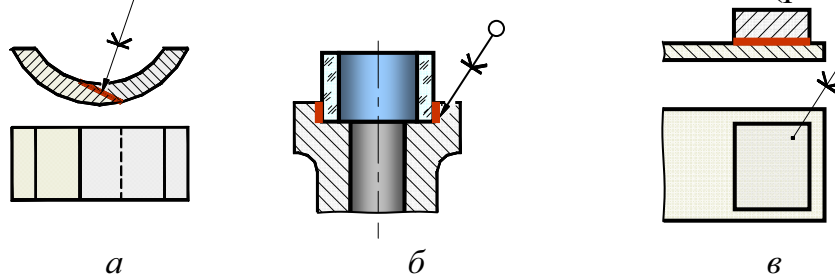


Рис. 10.49

Обозначение клеящего вещества приводят в технических требованиях по типу: *Клей БФ – 10Т ГОСТ 22345-77.*

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют резьбой?
2. Какие параметры характеризуют резьбу?
3. Что называют профилем резьбы?
4. Что такое шаг резьбы, ход резьбы? Какова связь между ними?
5. Каково основное различие между метрической и трубной резьбами, между трапецеидальной и упорной?
6. Как изображают резьбу на стержне и в отверстии на изображениях, полученных проецированием на плоскость:
 - а) параллельную оси стержня и отверстия;
 - б) перпендикулярную оси стержня и отверстия?
7. Как изображается резьба в соединении?
8. В каких случаях и как изображают профиль резьбы на чертеже?
9. Какие данные и в какой последовательности в общем случае указывают в обозначении стандартных резьб?
10. Что означают термины «правая» и «левая» резьба? Как направление резьбы отражается в обозначении резьбы?
11. Какая разница в обозначении метрической резьбы с крупным и мелким шагом?
12. Каковы особенности в обозначении трубной резьбы?
13. В каких случаях в обозначении резьбы указывают буквы «СП» и что это означает?
14. Какие соединения называются разъемными, какие – неразъемными?
15. Что называется болтом, винтом, шпилькой? Приведите примеры условного обозначения.
16. Какое соединение называется болтовым?
17. Какое соединение называется винтовым?
18. В чем отличие между конструктивным и упрощенным изображениями разъемного резьбового соединения?
19. Какие вы знаете типы шпонок, их исполнения и условные обозначения?
20. Какое соединение называется шлицевым? Как условно изображается и обозначается шлицевое соединение?
21. Какие соединения являются неразъемными?
22. Как условно изображается и обозначается сварное соединение?
23. Как условно изображается и обозначается соединение пайкой?
24. Как условно изображается и обозначается соединение склеиванием?

Глава 11

ИЗОБРАЖЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ И ПРУЖИН

11.1. Основные понятия

Зубчатые передачи – это механизмы, состоящие из деталей с зубьями, которые сцепляются между собой и передают вращательное движение с одного вала на другой. Они могут также менять частоту вращения. Зубчатые передачи классифицируют:

- по взаимному расположению осей вращающихся деталей: передачи с параллельными, с пересекающимися и со скрещивающимися осями. Зубчато-реечные передачи, преобразующие вращательное движение в поступательное или наоборот, и храповые механизмы, допускающие вращение вала, на котором закреплен храповик, только в одном направлении, являются частными случаями передач;
- в зависимости от относительного расположения зубчатых колес у цилиндрических передач: передачи с внешним и внутренним зацеплением;
- по характеру линии зуба и ее направлению относительно образующей цилиндрической или конической поверхности колеса: передачи с прямыми зубьями, с косыми зубьями, с шевронными, т. е. угловыми, а также с криволинейными винтовыми, спиральными и другими зубьями;
- по форме профиля зубьев; передачи с зубьями эвольвентного (они наиболее распространены) и неэвольвентного профиля (например, часовые механизмы). У звездочек цепных передач профиль зубьев очерчивается по дугам окружностей. Храповые колеса имеют зубья специального профиля;
- по конструктивному оформлению: закрытые зубчатые передачи, размещаемые в специальном непроницаемом корпусе и обеспеченные постоянной смазкой из масляной ванны, и открытые, работающие без смазки или периодически смазываемые консистентными мазями.

Все зубчатые колеса имеют однотипные элементы и параметры, определения и обозначения которых даны в ГОСТ 16530-83 и ГОСТ 16531-83. В данном пособии рассматриваются в основном цилиндрические и конические прямозубые передачи с внешним зацеплением и зубьями эвольвентного профиля.

В зацеплении двух зубчатых колес меньшее колесо называют *шестерней*, большее – *колесом*. Каждая зубчатая пара имеет ведущее и ведомое колесо, в процессе работы вращение от первого передается ко второму.

11.2. Условные изображения деталей зубчатых передач

Поверхность (в цилиндрическом колесе – цилиндрическая, а в коническом – коническая), ограничивающая зубья со стороны, противоположной телу зубчатого колеса, называется *поверхностью вершин*.

На рис. 11.1 показана часть венца цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями и указаны некоторые элементы зубчатого венца.

Поверхность (цилиндрическая или коническая), отделяющая зубья от тела зубчатого колеса, называется *поверхностью впадин*.

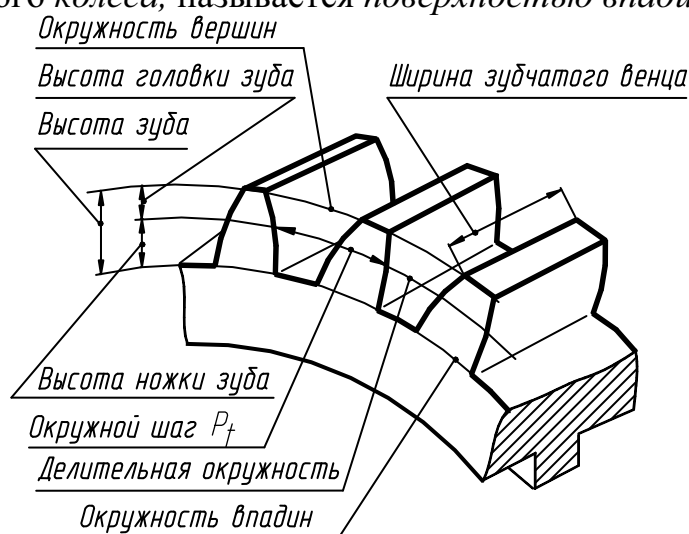


Рис. 11.1

Поверхность (цилиндрическая или коническая), являющаяся базовой для определения элементов зубьев и их размеров и делящая зубья на две части – головку и ножку, называется *делительной поверхностью*.

При выполнении чертежей зубчатых колес, реек, червяков, звездочек цепных передач и храповых колес, а также сборочных чертежей изделий, содержащих эти детали, используют условные изображения зубчатого венца и зубчатого зацепления, установленные ГОСТ 2.402-68.

На рис. 11.2, а, б приведены соответственно проекция и условное изображение части зубчатого венца.

Все основные элементы зубчатых зацеплений стандартизованы.

В качестве основного параметра принят окружной делительный модуль m_t – линейная величина, в π раз меньшая окружного шага зубьев p_b , т.е. равная $m_t = p_t / \pi$. Эту величину принято обозначать m и называть просто модулем, имея в виду окружной делительный модуль.

Под окружным шагом зубьев понимают расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге концентрической делительной окружности зубчатого колеса. Длина делительной окружности $\pi d = zp_b$, где z – число зубьев колеса, откуда $p_t = \pi d / z$.

Окружной шаг, измеренный по делительной окружности, кратен π , а поэтому неудобен в качестве исходного расчетного параметра.

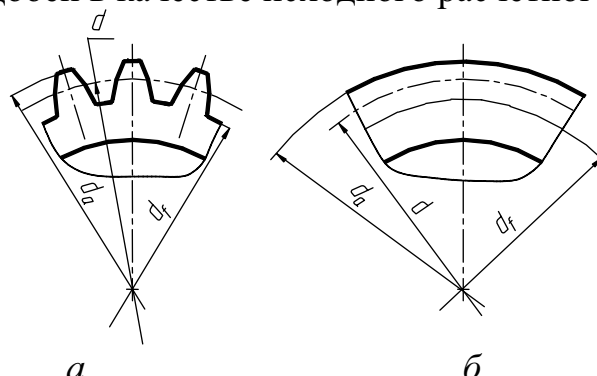


Рис. 11.2

Модуль представляет собой частное от деления диаметра делительной окружности на число зубьев колеса $m = d/z$ и измеряется в миллиметрах.

В большинстве случаев высота головки зуба равна величине модуля m , а высота ножки зуба составляет $1,25m$.

Диаметр окружности вершин d_a и диаметр окружности впадин d_f можно вычислить по формулам

$$d_a = d + 2m; \quad d_f = d - 2,5m.$$

В соответствии с этими данными определяют необходимые размеры и вычерчивают окружности и образующие вершин зубьев, впадин, а также делительной поверхности.

Для цилиндрических зубчатых колес с косыми зубьями кроме окружного (торцового) делительного шага p_t принято понятие нормального делительного шага p_n и соответственно этому – понятие нормального делительного модуля m_n – величины, в π раз меньшей шага p_n .

Диаметр делительной окружности для зубчатых колес с косыми зубьями подсчитывают по формуле

$$d = \frac{m_n z}{\cos \beta},$$

где β - угол наклона линии зуба к плоскости, проходящей через ось колеса.

При изображении зубчатого венца руководствуются следующими правилами:

- Зубчатые и червячные колеса, звездочки цепных передач, червяки, рейки и храповые колеса показывают на главном виде в положении, когда их ось вращения параллельна основной надписи чертежа (рис. 11.3).

Для зубчатых, червячных и храповых колес, а также звездочек цепных передач почти всегда на месте главного вида помещают разрез

(рис. 11.3, *ж*) или соединяют вид с разрезом (рис. 11.3, *а, в, д*). Рейки на главном виде показывают без разреза (рис. 11.3, *з*), так же, как и червяки, выполненные заодно с валом, но во втором случае может быть применен местный разрез (рис. 11.3, *е*).

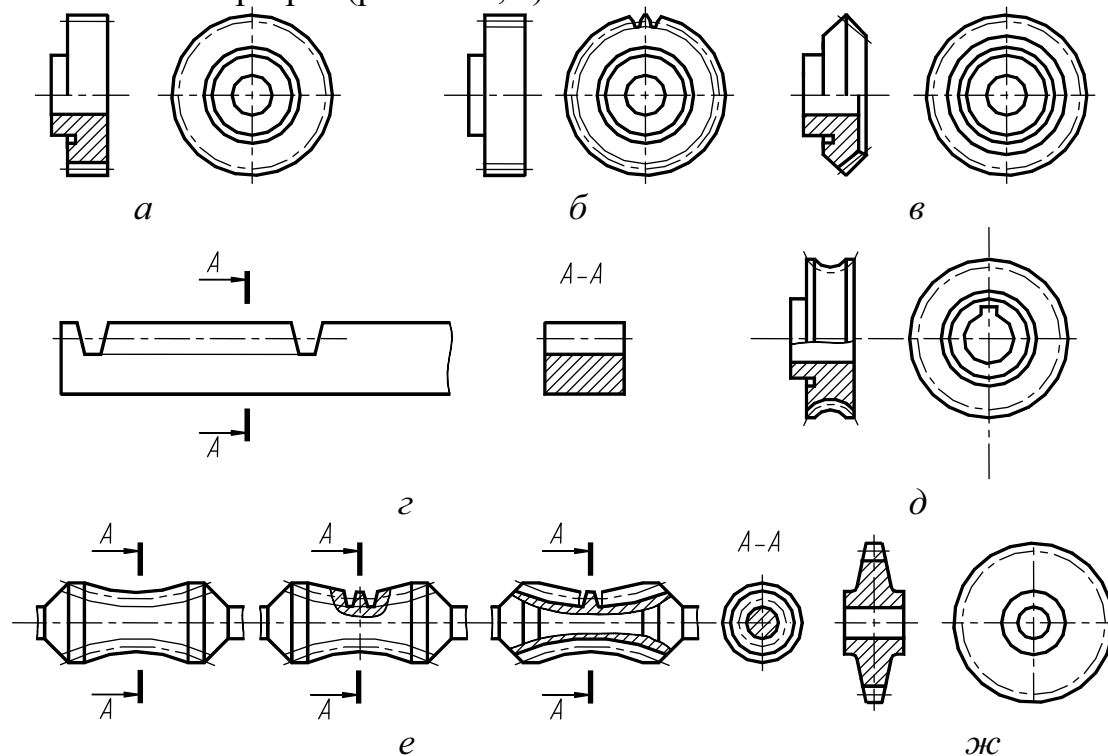


Рис. 11.3

Если нет необходимости показывать у детали какие-то конструктивные элементы (например, профиль зуба), на рабочем чертеже ограничиваются одним ее изображением (главным видом).

- Поверхность вершин и образующую поверхности вершин зубьев и витков изображают сплошной толстой линией (рис. 11.3). Такой же линией изображают поверхность впадин и образующую поверхности впадин в осевом сечении зуба или витка и в поперечном сечении витка.

- Делительную поверхность и образующую делительной поверхности зубьев и витков изображают штрихпунктирной тонкой линией. При этом делительную поверхность рейки и зубчатого сектора изображают на всей длине нарезанной части изделия.

- Если секущая плоскость проходит перпендикулярно оси зубчатого колеса или звездочки или вдоль оси червяка и вдоль рейки, эти детали показывают нерассеченными. На местном разрезе наносят штриховку до линии поверхности впадин (рис. 11.3, *е*).

- В осевом сечении зубчатого колеса или звездочки, а также в поперечном сечении рейки или червяка зуб или виток условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают нерассеченным.

- На видах зубчатых колес, реек, червяков и звездочек допускается показывать поверхность впадин и образующую поверхности впадин сплошной тонкой линией (рис. 11.3, б, з).

- Если требуется показать профиль зуба, то следует изображать один-два зуба (у звездочки цепной передачи – не менее трех зубьев) на виде с торца. На чертеже рейки, зубчатого сектора и при ограниченной длине зубчатого венца изображают боковые поверхности крайних зубьев нарезанного участка (рис. 11.3, б, з, е).

- Храповое колесо изображают по тем же правилам, что и зубчатое колесо, но штрихпунктирную тонкую линию делительной поверхности не проводят. При ограниченной длине нарезанной части рекомендуется изображать все зубья.

Рабочие чертежи деталей зубчатых передач должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 2.403-75 – ГОСТ 2.427-75. На чертеже помещают изображение детали и таблицу параметров. На изображение детали наносят те данные, которые указаны в соответствующем стандарте.

Например, на изображении цилиндрического зубчатого колеса (рис. 11.4) следует указывать: диаметр окружности вершин зубьев; ширину венца и размеры фасок или радиусы закругления на торцовых кромках поверхности вершин зубьев; рабочий профиль зуба (при необходимости). Кроме этого, на изображении указывают размеры всех конструктивных элементов детали (обода, ступицы, диска). Таблицу параметров следует приводить в правом верхнем углу чертежа. Размеры граф и их расположение приведены на рис. 11.4.

Таблица параметров на чертеже цилиндрического зубчатого колеса состоит из трех расположенных одна под другой частей (их отделяют друг от друга сплошными толстыми линиями) следующего содержания: первая часть – основные данные (для изготовления): вторая – данные для контроля; третья – справочные данные.

При выполнении учебных чертежей в таблице параметров указывают ограниченное количество параметров. Так, для цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями указывают только *величину модуля и число зубьев зубчатого венца* (рис. 11.7). Кроме таблицы параметров на поле рабочего чертежа помещают технические требования. В соответствии со стандартами их размещают ниже таблицы параметров.

При изображении зубчатого зацепления надо руководствоваться рассмотренными правилами условного изображения зубчатого венца и учитывать ряд требований.

Так, например, зубчатые передачи всех типов рекомендуется показывать на сборочном чертеже не менее чем в двух изображениях.

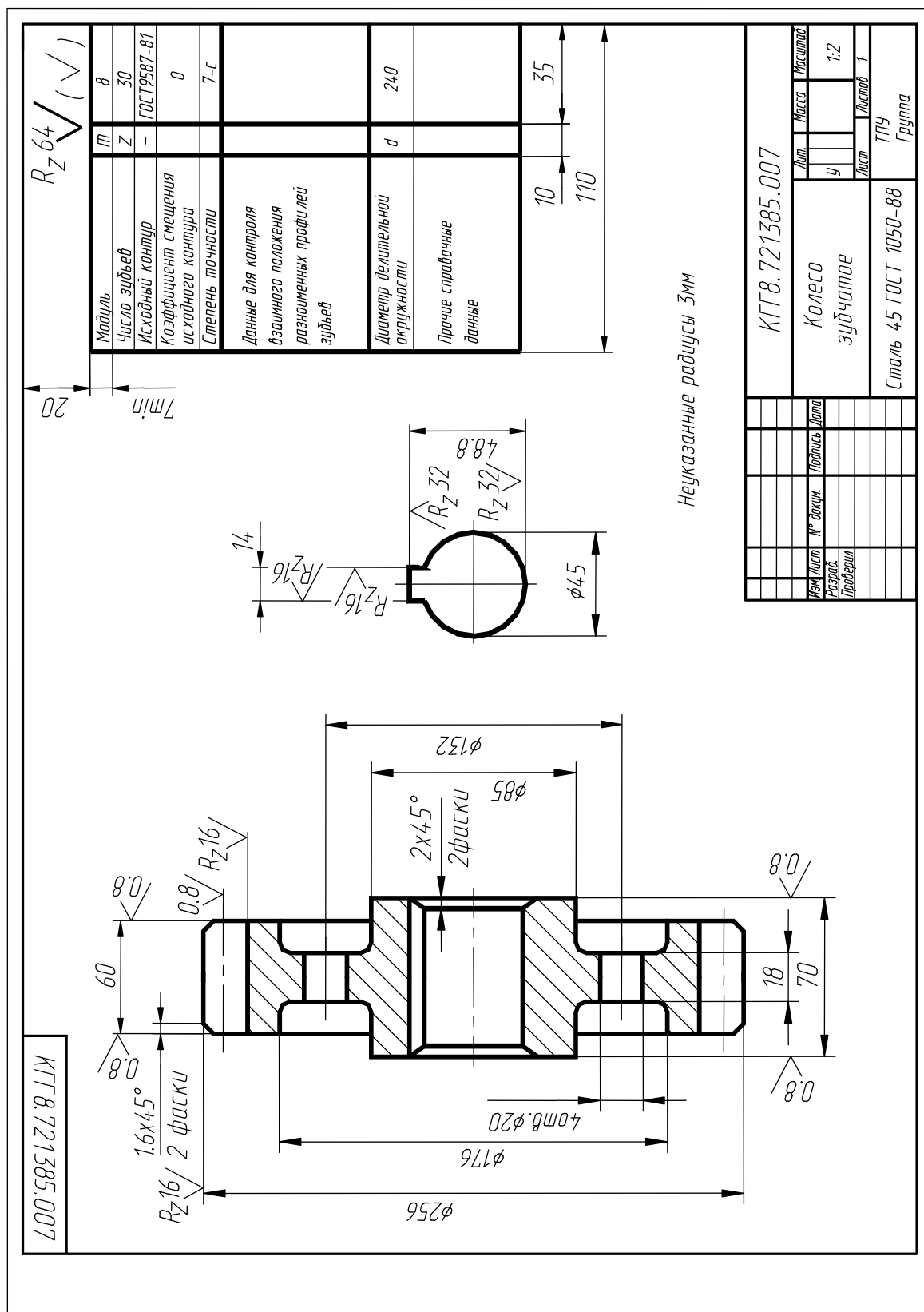


Рис. 11.4

Если необходимо показать направление линии зуба зубчатого колеса или рейки, а также направление линии витков червяка, то на чертеже вблизи оси наносят три параллельные сплошные тонкие линии, условно изображающие косые (с правым и левым наклоном), шевронные, спиральные и другие зубья (рис. 11.5).

На главном виде зубчатая передача может быть показана также и в разрезе. На остальных изображениях допускается применять только местные разрезы.

На всех видах зубчатых передач сплошной толстой линией показывают поверхности вершин и образующие поверхностей вершин зубьев обеих деталей, находящихся в зацеплении.

Такой же линией на виде сбоку у конической передачи показывают внутреннюю окружность вершин зубьев, а у червячной передачи может быть показана наибольшая окружность впадин зубьев.

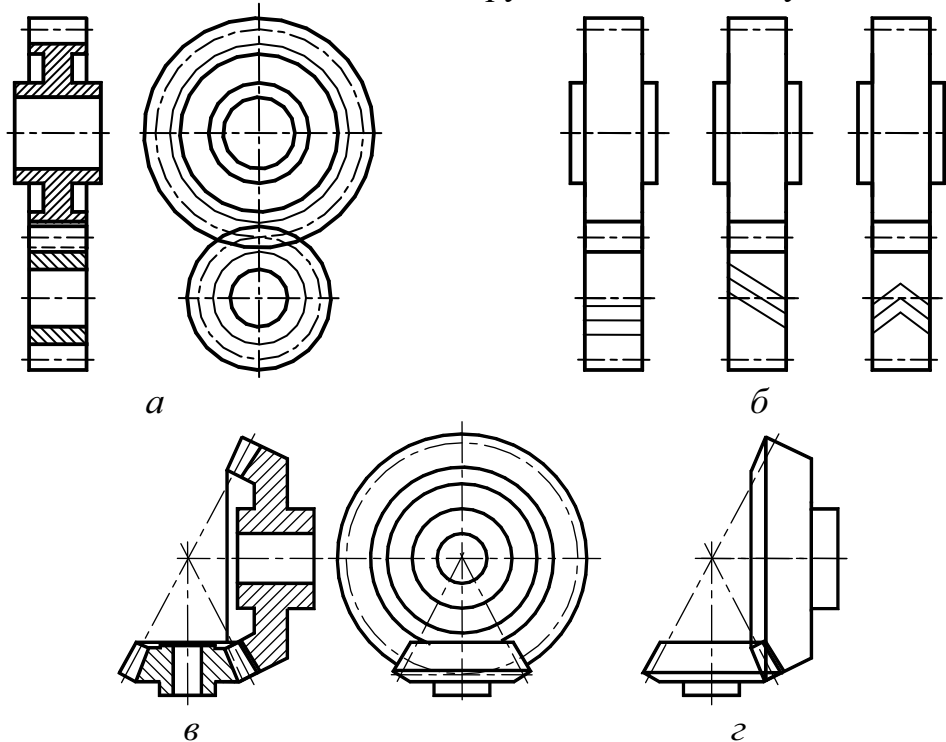


Рис. 11.5

В осевом сечении зубчатой передачи зуб одного из колес (предпочтительно ведущего) показывают расположенным перед зубом второго сопрягаемого колеса. При этом в цилиндрической и конической передачах ведущим чаще всего считают малое колесо (рис. 11.5, рис. 11.6, б), в червячной передаче – червяк, в реечном зацеплении – колесо (рис. 11.6, а).

Контуры видимого зуба изображают сплошными основными линиями, контуры невидимого зуба сопрягаемой детали – штриховыми

линиями. Если нанесение штриховых линий может затруднить чтение чертежа, допускается их не проводить.

Между поверхностями вершин и образующей одной детали и поверхностями впадин и образующей другой детали оставляют зазор, равный $0,25$ модуля передачи (между соответствующими элементами червячной передачи по ее межосевой линии – $0,2$ модуля).

Начальные поверхности и их образующие у сопрягаемых деталей касаются друг друга в точке или сливаются в одну линию. Цепь цепной передачи изображают тонкой штрихпунктирной линией (рис. 11.6, *з*).

Если на сборочном чертеже изображена только зубчатая передача, то сведения по ее основным параметрам приводят в таблице, которую располагают на поле чертежа. Если же зубчатая передача входит в состав какого – то механизма, то ее основные параметры записывают в спецификацию.

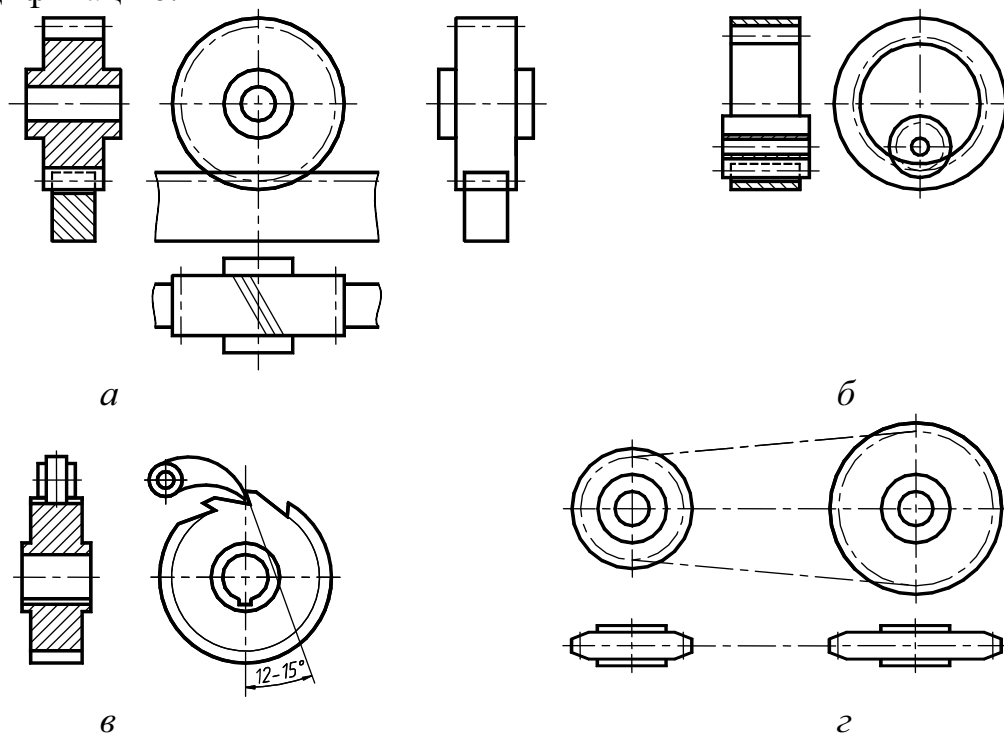


Рис. 11.6

11.3. Цилиндрическое зубчатое колесо

Цилиндрические зубчатые колеса представляют собой цилиндры, на поверхности которых нарезаны зубья. Конструкция зубчатых колес может быть различной, но все они имеют одностипные, общие для всех видов колес элементы (рис. 11.1).

Определение размеров элементов цилиндрического зубчатого колеса и выполнение его чертежа по заданным значениям m , z и диаметру вала d_g осуществляют в следующем порядке:

- определяют диаметры делительной окружности, окружности вершин и окружности впадин зубьев;
- вычерчивают эти окружности на виде слева колеса;
- определяют остальные параметры зубчатого колеса: ширину венца, толщину обода и диска, размеры ступицы;
- вычерчивают фронтальный разрез колеса и заканчивают вычерчивание вида слева;
- удаляют линии построения и обводят полученные изображения.

При выполнении эскиза или чертежа прямозубого цилиндрического колеса с натуры порядок вычерчивания тот же, но размеры определяют несколько иначе:

- подсчитывают число зубьев колеса и измеряют диаметр окружности вершин. Если число зубьев четное и размеры зубчатого колеса небольшие, диаметр окружности вершин зубьев измеряют штангенциркулем. При значительном диаметре зубчатого колеса или при нечетном числе зубьев диаметр окружности вершин зубьев определяют следующим образом: штангенциркулем измеряют диаметр d_g отверстия под вал и расстояние l от края отверстия до окружности вершин. Диаметр d_a окружности вершин будет равен сумме диаметра отверстия под вал и двух расстояний от края отверстия до окружности вершин зубьев, т. е. $d_a = d_g + 2l$;

- по формуле определяют значение модуля и сверяют его с таблицей стандартных модулей по ГОСТ 9563-79. Если найденный модуль в стандарте отсутствует, то для дальнейшего расчета принимают ближайшее стандартное значение.

Ниже приведены наиболее часто встречающиеся в учебной практике значения модуля:

1 – й ряд: 1; 1,25; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20;

2 – й ряд: 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 7,0; 11; 14; 18.

Значения первого ряда более предпочтительны;

- по принятой величине модуля определяют размеры элементов зубчатого венца;
- размеры зубчатого колеса и его ступицы берут непосредственно с натуры. Исключение составляют только размеры шпоночного паза, если он имеется на колесе. Эти размеры находят путем измерения и уточняют в зависимости от диаметра отверстия под вал.

На рис. 11.7 представлен учебный чертеж цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями. На виде слева для упрощения изображения показан только контур отверстия со шпоночным пазом и размерами для обработки этого паза. При необходимости этот чертеж может быть дополнен данными о шероховатости поверхностей. В таблице параметров указаны только величина модуля и число зубьев зубчатого венца.

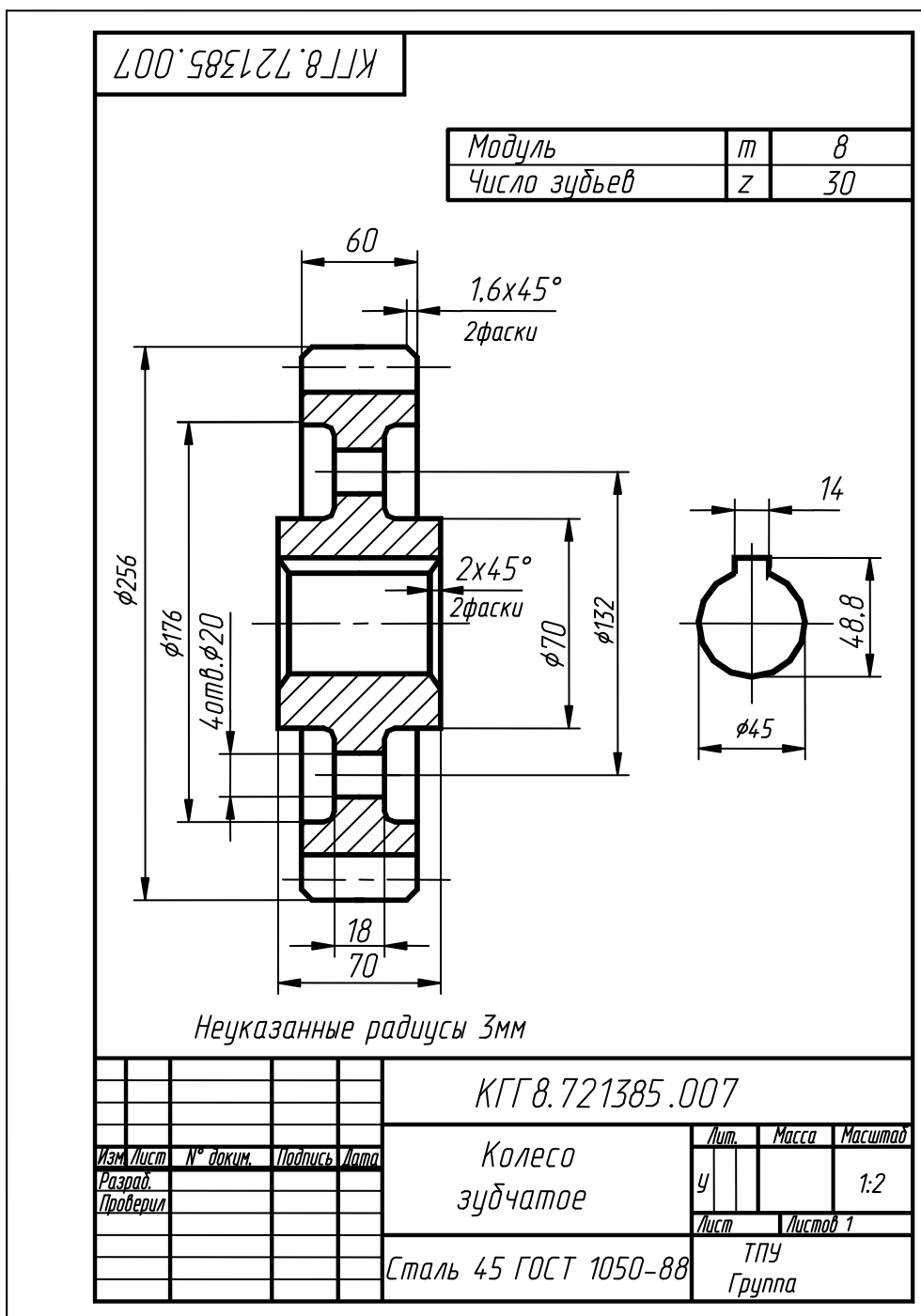


Рис. 11.7

11.4. Коническое зубчатое колесо

Конические зубчатые колеса кроме общих элементов имеют специфические – *делительный конус, конус вершин и конус впадин зубьев*, являющиеся соответственно делительной поверхностью, поверхностью вершин зубьев и поверхностью впадин конического колеса (рис. 11.8).

Углы между осью и образующими конусов обозначают: δ_a – угол конуса вершин, δ – угол делительного конуса, δ_f – угол конуса впадин.

Дополнительными конусами называют конические поверхности, образующие которых перпендикулярны образующим делительного конуса. Различают *внешний, внутренний, средний и другие* дополнительные конусы конического зубчатого колеса, определяемые их положением относительно вершины делительного конуса. Угол между образующими дополнительных конусов и осью обозначают буквой ϕ .

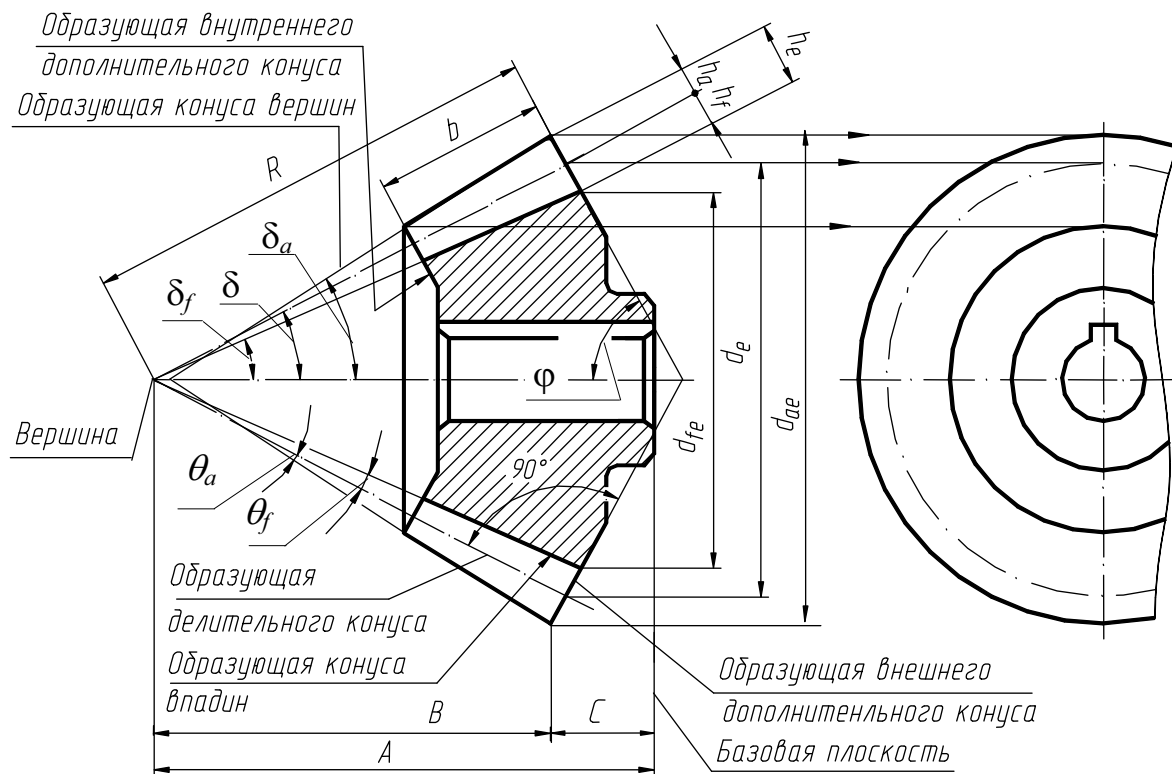


Рис. 11.8

Вершина конического зубчатого колеса – вершина начального конуса конического зубчатого колеса, совпадающая с точкой пересечения осей конической передачи. При выполнении учебных чертежей условно принимают, что делительный конус, а также конусы вершин и впадин зубьев имеют общую вершину.

У конического зубчатого колеса установлена *базовая плоскость* – плоскость, перпендикулярная оси конического зубчатого колеса и используемая в качестве базы при его обработке, монтаже и контроле.

Расстояние от этой плоскости до вершины конического колеса называется *базовым расстоянием* A . Расстояние от базовой плоскости до плоскости внешней окружности вершин зубьев обозначают буквой C . Третья величина (B) равна разности первых двух.

Шаг, модуль и высота зубьев у конических колес переменны и увеличиваются в направлении от вершины делительного конуса к его основанию. Рассчитывают все параметры, в том числе размеры зубьев, по размерам, взятым на поверхности внешнего дополнительного конуса.

При пересечении делительной поверхности и поверхностей вершин зубьев и впадин с внешним дополнительным конусом образуются три окружности: *внешняя делительная окружность* (ее диаметр d_e), *внешняя окружность вершин зубьев* (диаметр d_{ae}) и *внешняя окружность впадин зубьев* (диаметр d_{fe}).

Для расчета и вычерчивания конического колеса необходимо знать модуль m_e , число зубьев z , угол делительного конуса δ и ширину венца b . Определение остальных размеров конического зубчатого колеса и выполнение его чертежа ведут в основном в той же последовательности, что и цилиндрического зубчатого колеса.

Вычерчивание конического колеса начинают с главного изображения колеса (фронтального разреза). На оси выбирают место вершины делительного конуса, строят угол δ и проводят образующие делительного конуса. На этих образующих откладывают длину образующей конуса и в полученных точках проводят к образующим перпендикуляры – образующие внешнего дополнительного конуса. Точка их пересечения с осью колеса – вершина дополнительного конуса. На его образующих откладывают высоту головки (h_a) и ножки (h_f) зуба.

От внешней точки на образующей делительного конуса в сторону вершины конуса откладывают длину зуба b (ширину венца). Проведя в полученной точке перпендикуляр к образующей делительного конуса, находят образующую внутреннего дополнительного конуса.

На чертеже размещается таблица параметров, при необходимости указывается шероховатость поверхности.

Учебный чертеж конического зубчатого колеса с прямыми зубьями оформляют так же, как и чертеж цилиндрического зубчатого колеса. На рис. 11.9 и рис. 11.10 приведены чертежи прямозубых конических зубчатых колес.

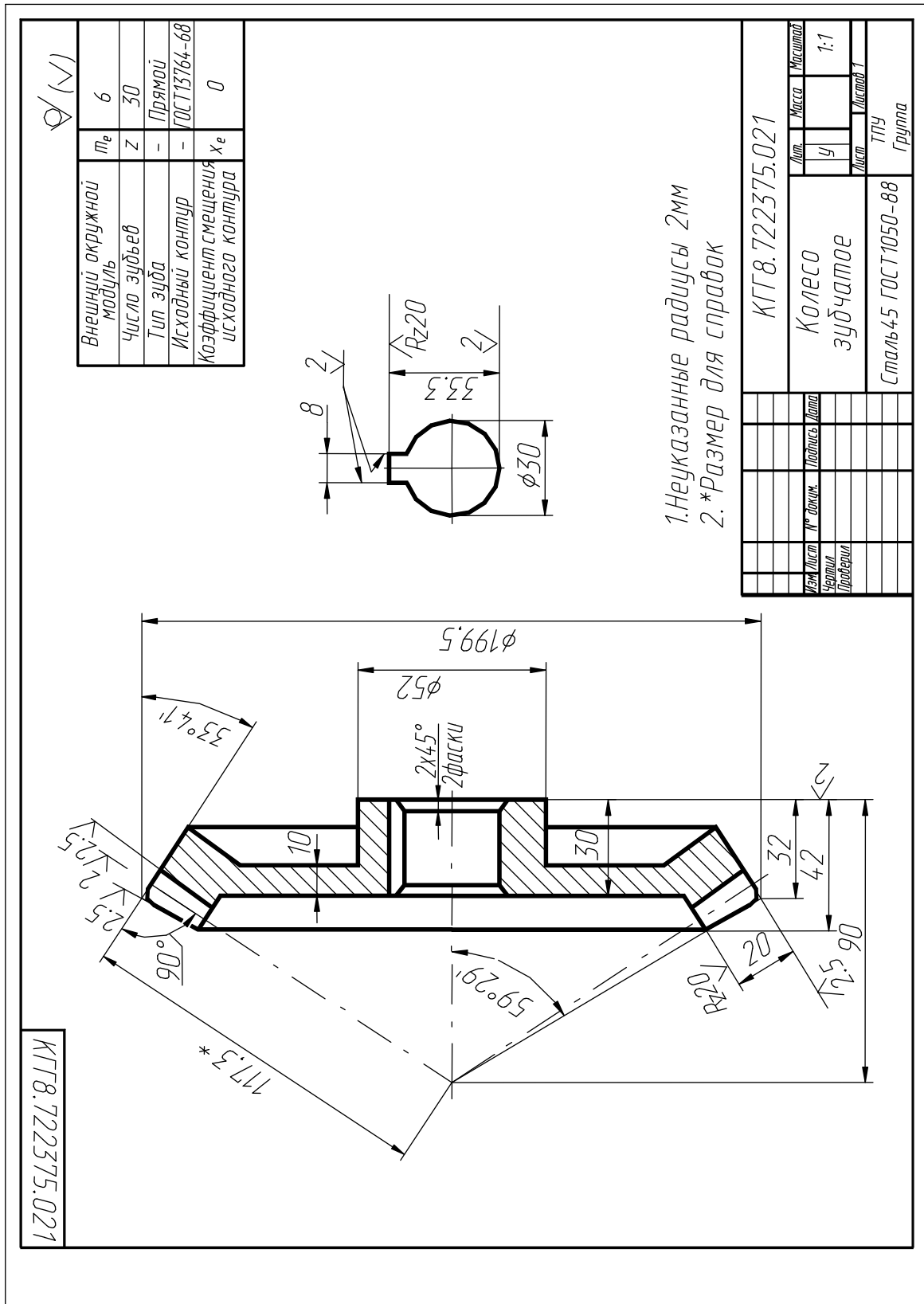


Рис. 11.9

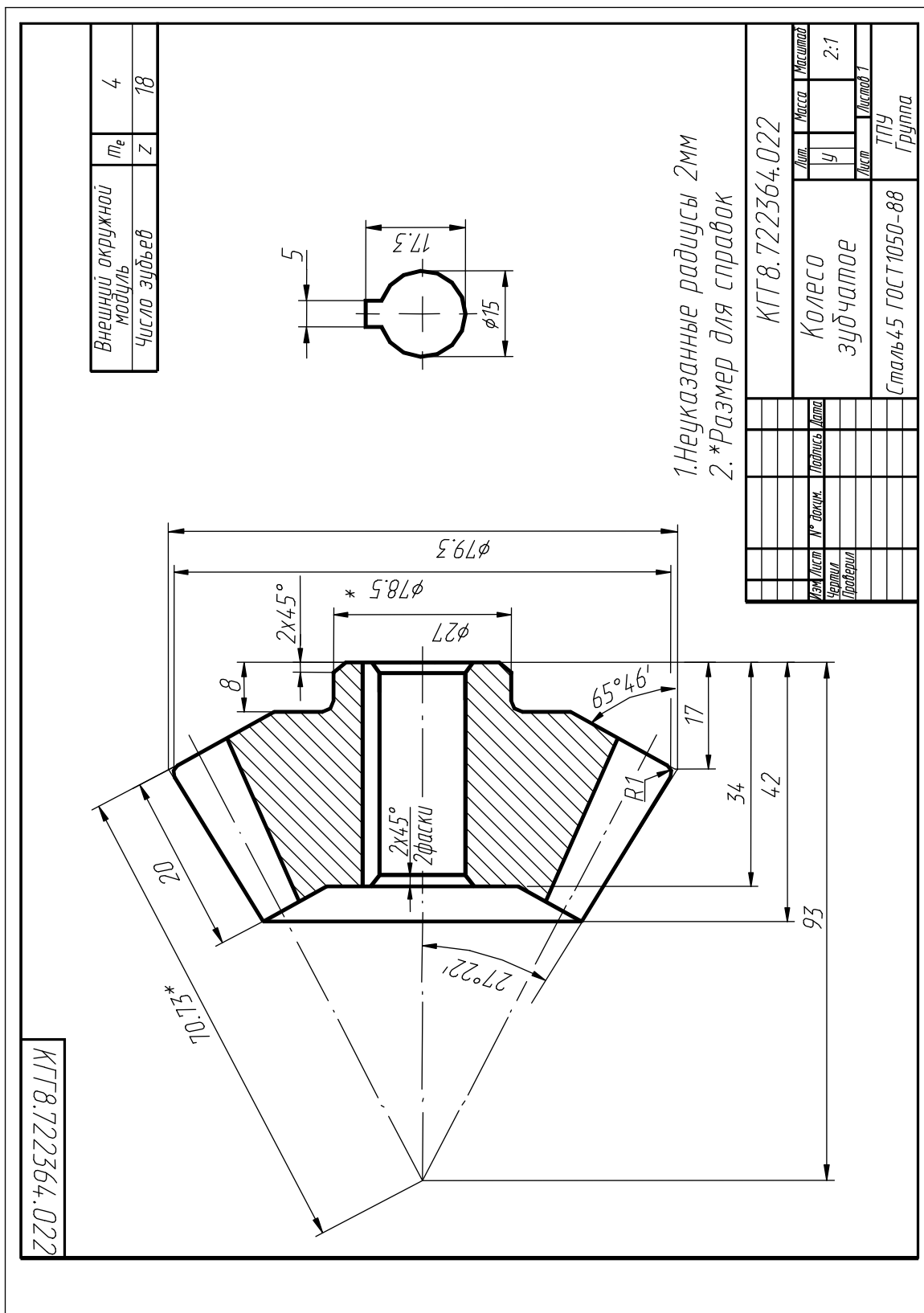


Рис. 11.10

11.5. Червячная передача

Червячная передача состоит из червяка и червячного колеса. Вращение передается, как правило, от червяка червячному колесу.

Червяк может быть однозаходным и многозаходным, правого или левого направления. По характеру поверхности, на которой червяк нарезают, различают червяки *цилиндрические* и *глобоидные*. Глобоидный червяк—это винт, нарезанный на поверхности тора (рис. 11.3, е). По форме винтовой поверхности цилиндрические червяки бывают *архимедовы*, *эвольвентные* и *конволютные*. Архимедовы червяки, обозначаемые буквами *ЗА*, имеют в осевом сечении трапецеидальный профиль с углом $\alpha=20^\circ$ (рис. 11.11), а в сечении, перпендикулярном оси, - профиль спирали Архимеда. Параметры зуба червячного колеса (рис. 11.12) определяют в сечении венца средней плоскостью (плоскостью симметрии зубчатого венца, перпендикулярной оси колеса).

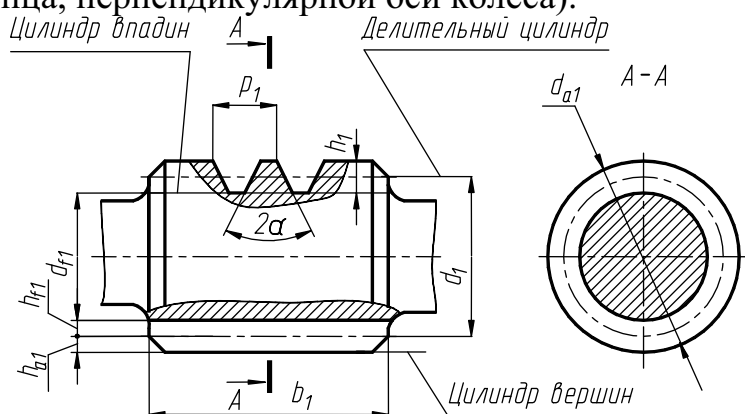


Рис. 11.11

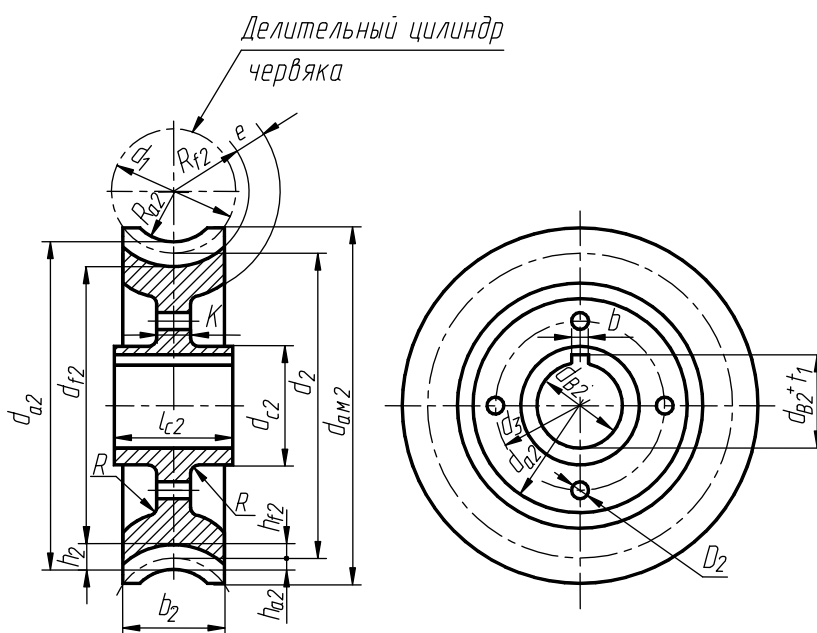


Рис. 11.12

Условные изображения цилиндрического червяка и червячного колеса и правила выполнения их чертежей устанавливают ГОСТ 2.402-68 и ГОСТ 2.406-76. Для расчета размеров червяка и червячного колеса необходимо знать их основные параметры: модуль, коэффициент диаметра червяка и число зубьев колеса. Рабочий чертеж червяка содержит обычно один вид. Если червяк изготавливают заодно с валом, то для показа конструктивных элементов детали применяют местные разрезы. На учебных чертежах помещают сокращенную таблицу параметров, в которой указывают модуль, число витков, вид червяка (например, архимедов) (рис. 11.13). Если необходимо, указывается шероховатость боковых поверхностей вершин и впадин.

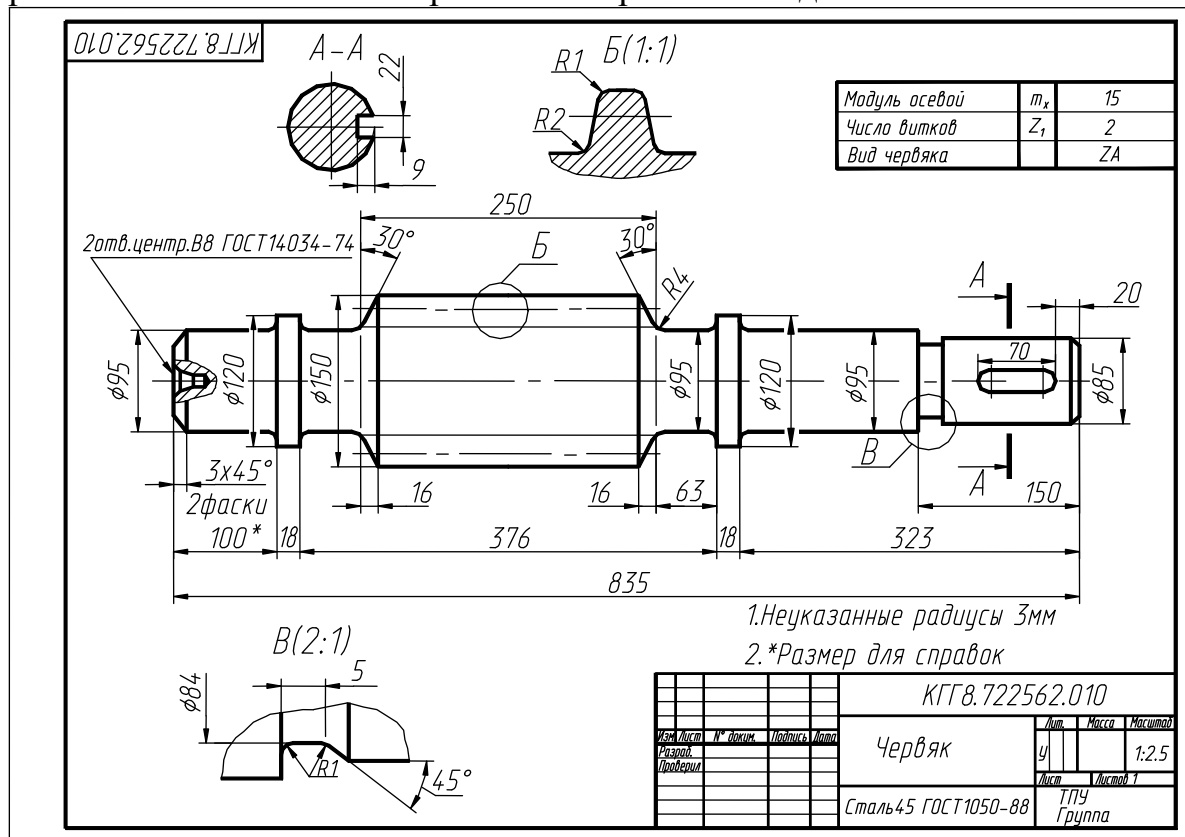


Рис. 11.13

Соосная с червяком цилиндрическая поверхность, являющаяся базой для определения его элементов и отсчета размеров, называется *делительным цилиндром*. Диаметр делительного цилиндра $d_1 = m_x q$, где q – коэффициент диаметра червяка, показывающий, какое число модулей содержится в диаметре делительного цилиндра. Зависимость между значениями модуля m_x и коэффициентом q устанавливает ГОСТ 2144-93. Шаг червяка p_1 – это расстояние между одноименными профилями соседних витков по образующей делительного цилиндра.

Зависимость коэффициента q от осевого модуля m_x

$m_x, \text{мм}$	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10
q	9		8			7		6		

Высота головки зуба червяка: $h_a = m_x$.

Высота ножки зуба червяка: $h_f = 1,2m_x$.

Форму выемки зубьев червячного колеса (рис. 11.14) согласуют с формой сечения червяка. Зуб колеса охватывает червяк по дуге, центральный угол 2γ которой равен $90...120^\circ$.

По размерам, полученным в результате расчетов, вычерчивают два изображения червячного колеса: фронтальный разрез и вид слева.

На рабочем чертеже червячного колеса (рис. 11.14) представлен фронтальный разрез, полностью определяющий конструкцию колеса, поэтому полный вид слева на чертеже не выполнен.

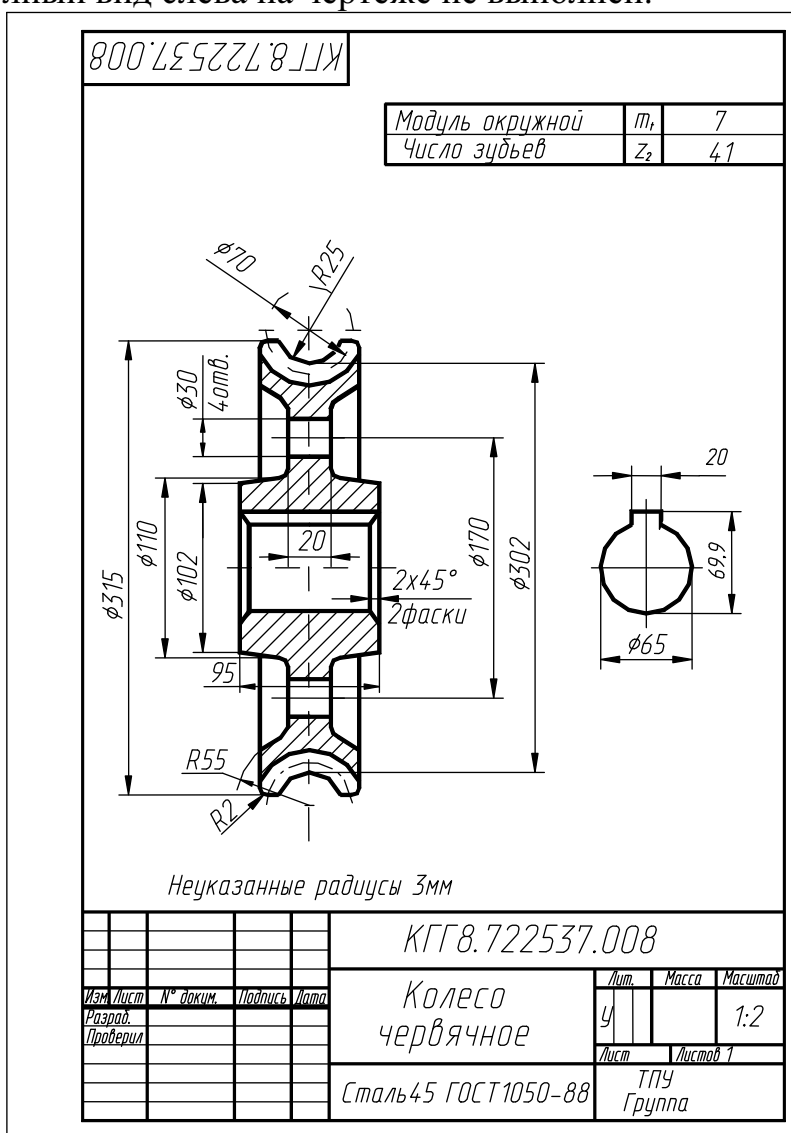


Рис. 11.14

Вычерчивание главного изображения (фронтального разреза) начинают с нанесения на чертеже тонкими линиями горизонтальной оси колеса и вертикальной осевой линии симметрии. В точке пересечения этих линий будет располагаться центр изображения колеса. От этого центра откладывают межосевое расстояние и находят центр червяка.

На виде слева червячного колеса вычерчивают только две окружности зубчатого венца – делительную и наибольшую окружность вершин зубьев. Окружность впадин не показывают.

11.6. Реечное зацепление

Реечное зацепление является разновидностью цилиндрической передачи. Рейка выполняет роль зубчатого колеса, а колесо, закрепленное на валу при помощи шпонки – роль шестерни, т. е. ведущим является колесо, а ведомым – рейка.

Реечная передача применяется для преобразования вращательного движения в поступательное. Реечные передачи могут выполняться как с прямыми зубьями, так и с косыми.

Зубья рейки имеют трапецеидальную форму с углом при вершине 40° . Шаг рейки равен шагу зубчатого колеса.

Рабочие чертежи зубчатых реек выполняются в соответствии с ГОСТ 2.404-75 (рис. 11.15).

На чертеже рейки показывают профили двух крайних впадин. Линия вершин так же, как и у зубчатых колес, изображается сплошной основной линией, линия впадин не указывается или показывается сплошной тонкой линией, линия делительной поверхности – штрихпунктирной тонкой линией. В правом верхнем углу чертежа приводится таблица параметров.

11.7. Цепная передача

Цепные передачи применяют в сельскохозяйственных машинах, велосипедах, мотоциклах, автомобилях, дорожно-строительных машинах и т. д.

Цепная передача состоит из двух зубчатых колес, называемых звездочками (рис. 11.6, з). Вращение с одного вала на другой передается с помощью цепи. При изображении цепных передач цепь показывают штрихпунктирной линией, соединяющей делительные окружности звездочек. Условное изображение звездочек такое же, как цилиндрических зубчатых колес. При выполнении чертежей звездочек следует руководствоваться ГОСТ 2.408-68.

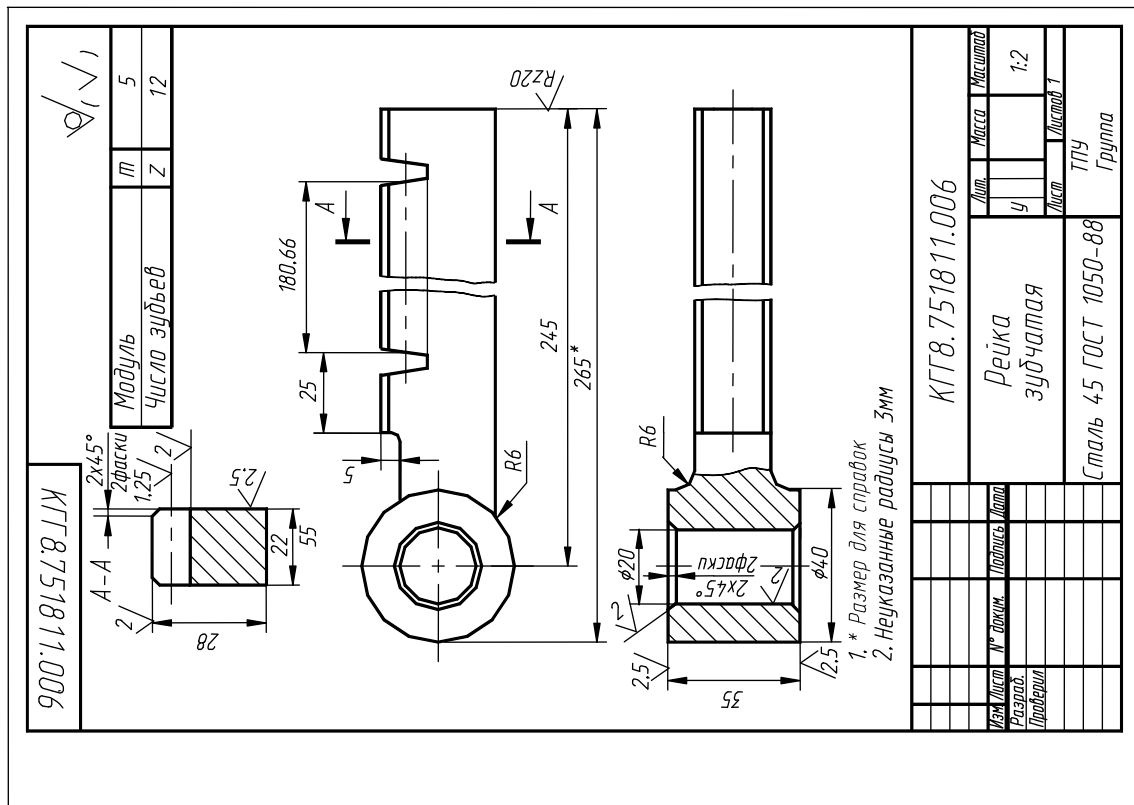


Рис. 11.15

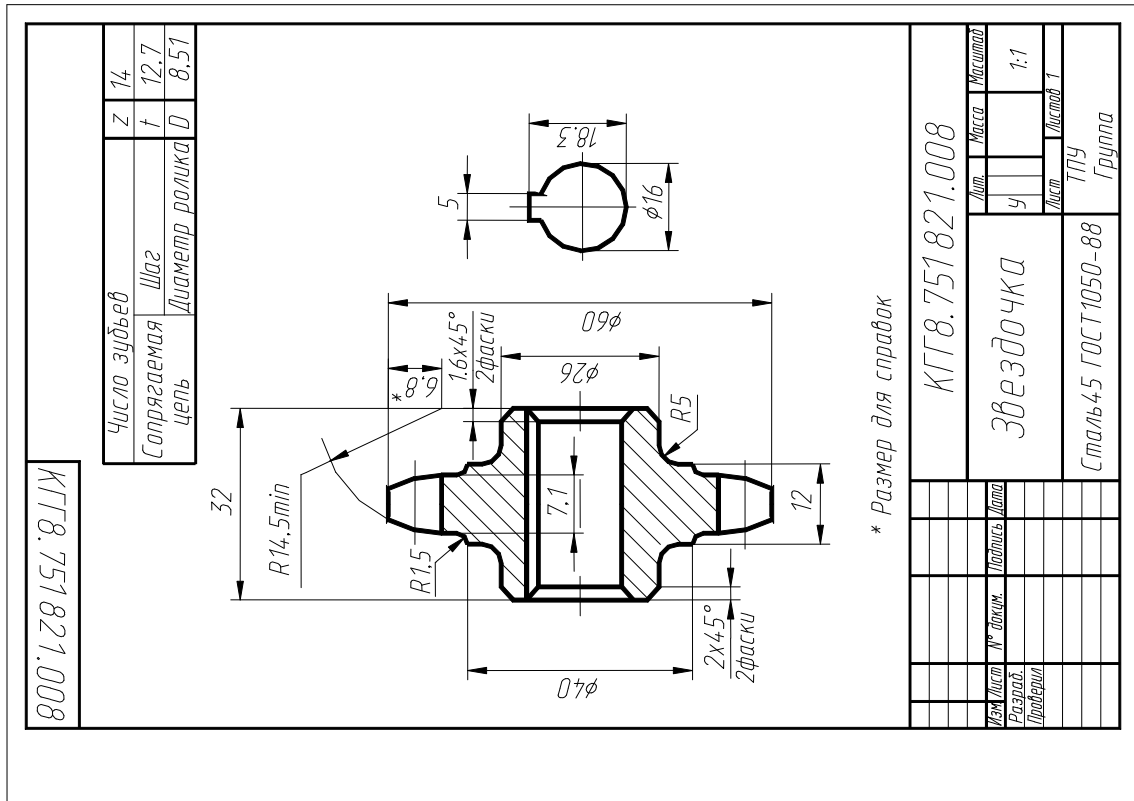


Рис. 11.16

На изображении звездочки указывают:

- ширину зуба;
- радиус закругления зуба;
- расстояние от вершины зуба до линии центров дуг закруглений;
- диаметр обода;
- радиус закругления у границы обода;
- диаметр окружности выступов;
- прочие размеры, определяющие конструкцию звездочки.

В таблице указывают параметры, необходимые для изготовления звездочки (рис. 11.16).

11.8. Храповой механизм

Храповой механизм позволяет осуществлять вращение вала только в одном направлении. Механизм состоит из двух основных деталей: зубчатого колеса (храповика) и собачки (рис. 11.17).

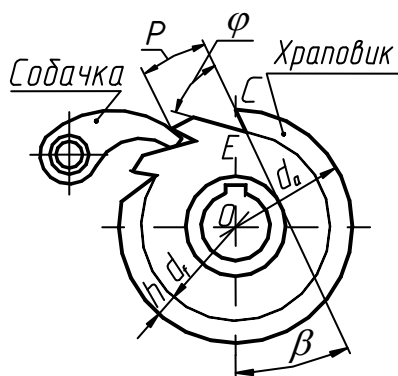


Рис. 11.17

Для торможения грузовых валов подъемных устройств на вал насаживают храповое колесо с зубьями специального профиля (храповик) и рядом с ним располагают защелку (собачку), которая при вращении храповика в определенном направлении входит во впадину между его зубьями и препятствует обратному вращению вала.

Рабочая плоскость зуба, соприкасающаяся с концом защелки, обычно направлена не по радиусу храпового колеса, а под углом $\beta = 12 \dots 15^\circ$. Величина этого угла и расположение оси выбирается так, чтобы собачка свободно входила во впадину между зубьями и в тоже время не выскакивала самопроизвольно из этой впадины. Угол φ впадины принимают равным $55 \dots 60^\circ$.

Храповое колесо характеризуется основным параметром – модулем $m = p/\pi$, где p – шаг зубьев храпового колеса (расстояние между соседними зубьями по окружности вершин).

Размеры храповика определяются из следующих соотношений.

Высоту зуба определяют по формуле $h = (0,75 \dots 1,0) m$.

Диаметр окружности вершин $d_a = m z$, где z – число зубьев.

Диаметр окружности впадин $d_f = d_a - 2h$.

На изображении храпового колеса вычерчивают обычно только один – два зуба; окружность впадин проводится сплошной тонкой линией.

11.9. Пружины

Основное свойство пружины – способность по окончании действия на нее внешней силы возвращаться под действием внутренних сил упругости к своей первоначальной форме.

Функции, выполняемые пружинами, весьма разнообразны. Их применяют: в тормозах, фрикционных передачах; для аккумулирования энергии с последующим использованием пружины как двигателя (например, часовые); для амортизации ударов и вибраций (рессоры, буферы); для возвратных перемещений клапанов, кулачковых механизмов и др.

По виду нагружения пружины подразделяют (рис. 11.18) на пружины сжатия, растяжения, кручения и изгиба; по форме – на винтовые цилиндрические (*а*, *б*) и конические (*в*), сжатия с различной формой сечения витка; цилиндрические растяжения (*г*); кручения (*д*); спиральные (*е*); листовые (*ж*) и другие.

Поперечное сечение пружины может быть круглым (*а*, *в*, *г*, *д*), квадратным (*б*), прямоугольным (*е*, *ж*).

Пружины выполняют с правой или левой навивкой.

ГОСТ 2.401-68 устанавливает условные изображения и правила выполнения чертежей пружин.

На чертежах пружин применяют условные изображения, например, при изображении винтовых (цилиндрических и конических) пружин на плоскость, параллельную оси пружины, проекции винтовых линий заменяют прямыми.

Схематичные изображения пружин применяются только на сборочных чертежах.

Пружину располагают на рабочих чертежах горизонтально.

Примеры выполнения рабочих чертежей пружин приведены на рис. 11.19 (растяжения) и на рис. 11.20 (сжатия).

Все пружины на чертежах изображаются в свободном состоянии, т.е. исходя из условия, что пружина не испытывает внешних усилий.

Для обеспечения центрирования пружины сжатия и ликвидации перекосов в работе на ее концах выполняют плоские опорные поверхности (путем поджатия по целому витку или по $\frac{3}{4}$ витка, которые затем шлифуют на $\frac{3}{4}$ окружности по торцу пружины). Поэтому пружина, помимо рабочих витков, имеет 2 или 1,5 поджатых витка, называемых опорными или нерабочими витками.

Наиболее распространены пружины, имеющие 1,5 опорных витка (рис. 11.21, *а*).

Условное изображение			
	на виде	в разрезе	схематичное
<i>a</i>			
<i>б</i>			
<i>в</i>			
<i>г</i>			
<i>д</i>			
<i>е</i>			
<i>ж</i>		—	

Рис. 11.18

Расчетом обычно устанавливаются следующие параметры пружины: диаметр проволоки d , наружный диаметр D , шаг t и число рабочих витков n . Число рабочих витков обычно округляется до величины, кратной 0,5. Если принять, что пружина должна иметь 1,5 опорных витка, то для нее могут быть подсчитаны:

- длина (высота) в свободном состоянии $H_0 = nt + d$;
- полное число витков $n_1 = n + 1,5$.

Когда винтовая пружина имеет более четырех рабочих витков, то с каждого конца пружины изображают один или два рабочих витка, помимо опорных. Остальные витки не изображают, а по всей длине пружины проводят осевые линии через центры сечений витков (рис 11.19, рис. 11.20).

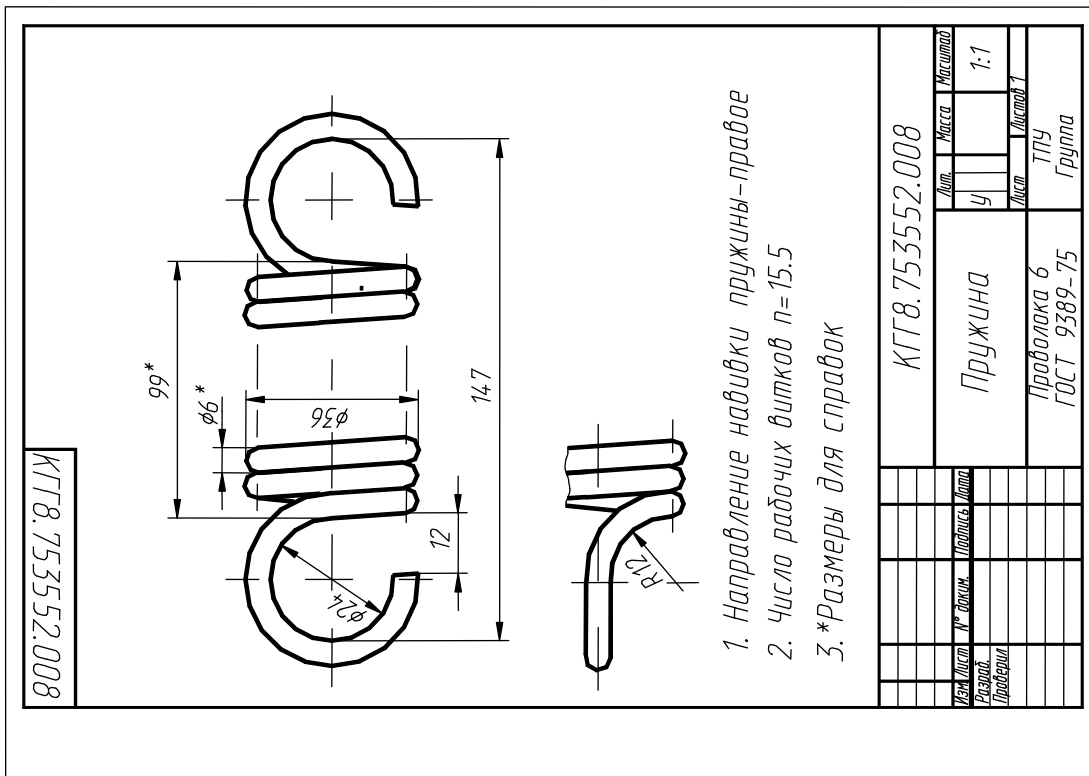


Рис. 11.19

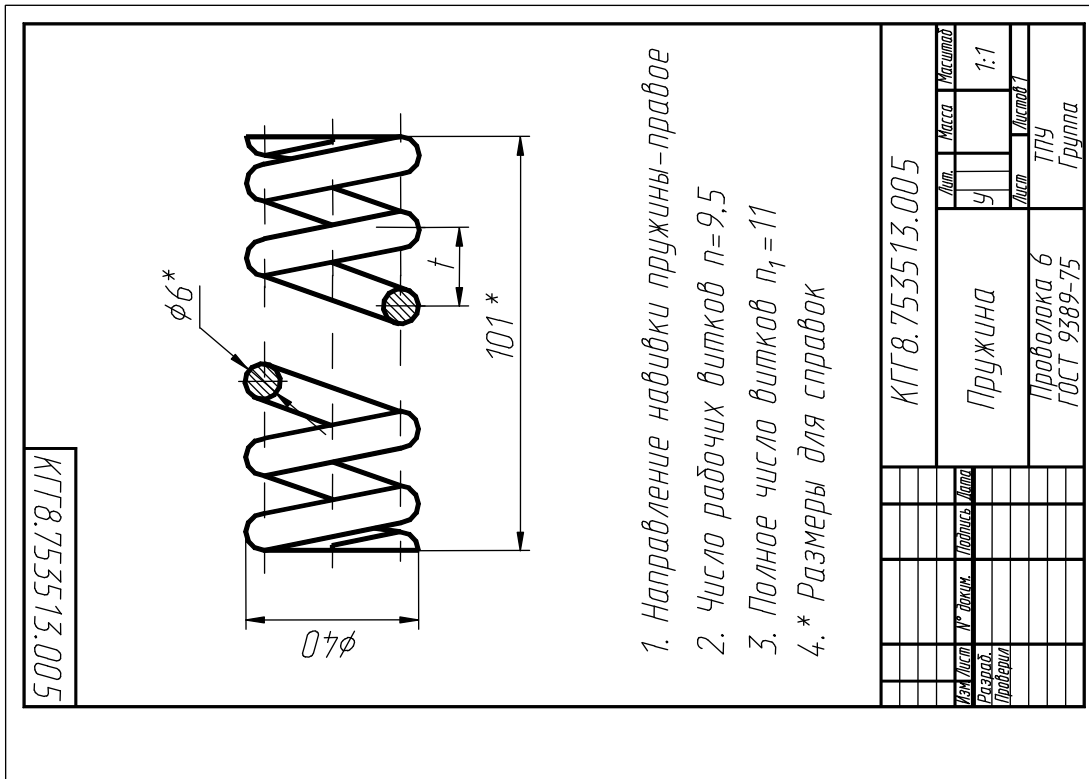


Рис. 11.20

В связи с тем, что некоторые параметры пружины (шаг, число витков и длина пружины) связаны между собой определенными соотношениями, на чертежах пружин отдельные размеры приводятся как справочные.

Учитывая, что сортамент материала (например, проволока диаметра b мм), указанного в основной надписи, вполне определяет форму и размер поперечного сечения витка пружины, на чертежах этот размер не указывается или приводится как справочный (рис. 11.19, рис. 11.20).

В отличие от пружин сжатия, у которых в свободном состоянии между витками имеются зазоры, пружины растяжения выполняются без зазоров между витками, то есть они в свободном состоянии имеют шаг t , равный диаметру проволоки d .

На рис. 11.21, б показано построение витков пружины растяжения.

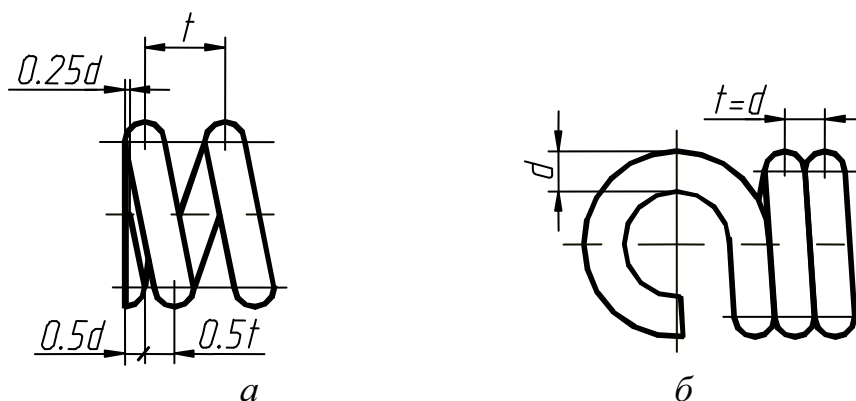


Рис. 11.21

Эти витки пружины растяжения (за исключением зацепов) являются рабочими.

Длина пружины растяжения (без зацепов) $H_0 = d(n+1)$, где n – число витков пружины. Для пружин с зацепами (рис. 11.19) можно подсчитать длину пружины в свободном состоянии между зацепами:

$$H'_0 = H_0 + 2(D - d),$$

где D – наружный диаметр пружины; d – диаметр проволоки.

Радиус изгиба зацепов

$$R = \frac{D + 2d}{2}.$$

Расстояние между торцом зацепа и ближайшим витком пружины можно принимать равным $D/3$.

На чертежах пружины (за исключением пружин кручения) изображаются только с правой навивкой, направление же навивки указывается в технических требованиях.

В технических требованиях указывается также число рабочих витков n , а для пружин сжатия – и полное число витков n_1 .

На производственных чертежах некоторые параметры пружин записывают в технические требования в определенной последовательности.

Если к изготовленной пружине предъявляется требование в отношении развиваемых ею усилий, то на производственном чертеже пружины помещают диаграмму испытаний, на которой показывают зависимость нагрузки от деформации (или наоборот).

Длина развернутой пружины определяется:

- для пружины сжатия:

$$L \approx n_1 \sqrt{[\pi(D-d)]^2 + l^2}.$$

Выражение под радикалом представляет собой длину витка пружины;

- для пружины растяжения:

$$L \approx \pi(D-d)(n+2).$$

Вопросы для самоконтроля

1. Какие передачи применяются в машиностроении?
2. Как изображается направление зубьев на чертежах зубчатых колес?
3. Какие условности применяют при изображении зубчатых колес?
4. Какой размер называется шагом зубчатого колеса?
5. Что представляет собой модуль зубчатого колеса?
6. Чему равна полная высота зуба цилиндрического зубчатого колеса?
7. В какой последовательности выполняют чертеж цилиндрического зубчатого колеса с натуры?
8. Какие размеры наносят на чертеже венца цилиндрического зубчатого колеса?
9. Как оформляют таблицу параметров чертежа зубчатого колеса?
10. В какой последовательности выполняют чертеж конического зубчатого колеса?
11. Какие размеры наносят на чертеже червячного колеса?
12. Какие условности и упрощения применяют при выполнении чертежа пружины?

Глава 12

ЧЕРТЕЖИ И ЭСКИЗЫ ДЕТАЛЕЙ

12.1. Выполнение чертежа детали

Чертеж детали – конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы) должны полностью определять геометрическую форму детали. Отдельные требования излагаются в виде условных знаков и текстовых записей.

Большое значение для работоспособности детали имеет состояние ее поверхностей. Поэтому на чертеже дают указания о допустимых микронеровностях (шероховатости) поверхностей детали.

На рабочих чертежах задаются размеры всех элементов детали (*размеры формы*) и их взаимного положения (*размеры положения*). Общие правила нанесения размеров были изложены в гл. 9 данного учебного пособия. Дополнительные сведения по нанесению размеров будут изложены далее.

Сведения о материале, из которого изготовлена деталь, указывают в основной надписи чертежа.

Деталь изображают с теми размерами, обозначениями шероховатости поверхности и другими параметрами, какие она должна иметь перед сборкой. Форма, размеры и шероховатости поверхности элементов деталей, которые получают в результате обработки при сборке, указывают на сборочном чертеже.

Все указания должны выполняться с соблюдением соответствующих стандартов и занимать на поле чертежа определенные места.

12.2. Элементы деталей

Конструирование деталей машин является сложным творческим процессом. Этот процесс сопровождается решением ряда задач. К таким задачам относятся задачи обеспечения прочности и износоустойчивости детали, технологичности т. п.

Даже если деталь имеет очень сложную форму, конструктор создает ее как совокупность простейших геометрических тел или их частей.

Наиболее распространенными элементами деталей являются фаски, галтели, проточки, пазы, буртики, лыски, рифления, бобышки и др.

(рис. 12.1). Кроме того, элементами деталей являются различные отверстия (центровые, под винты и т. д.).

Фаски – это конические или плоские узкие срезы (притупления) острых кромок деталей (рис. 12.1 – 12.2). Их применяют:

- для обеспечения требований техники безопасности (предохранения рук от порезов острыми кромками);
- для облегчения процесса сборки;
- для обеспечения требований технической эстетики (для придания изделиям более красивого вида).

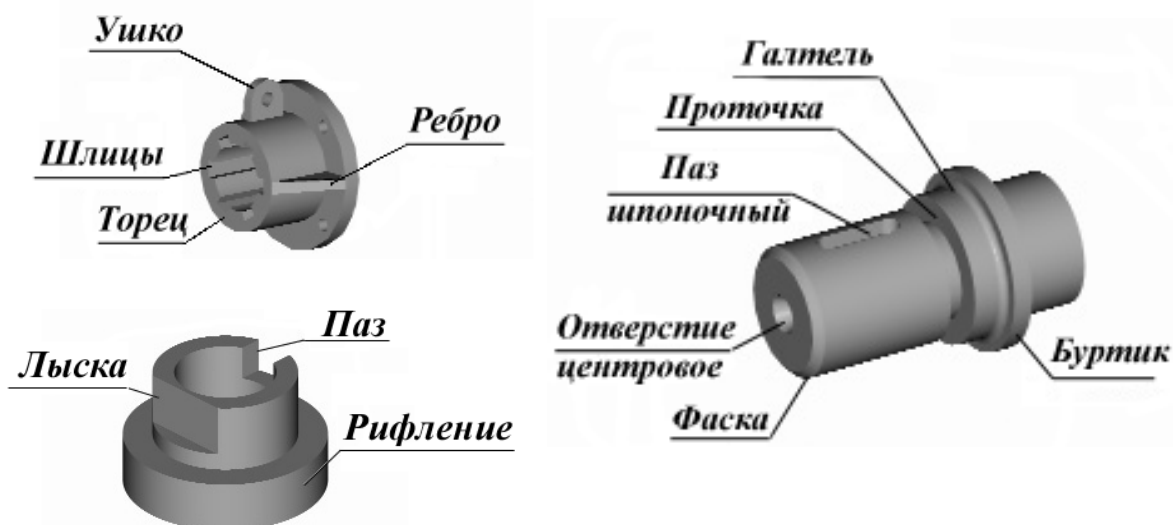


Рис. 12.1

Галтели – это скругления внешних и внутренних углов деталей. Их применяют для облегчения изготовления деталей литьем, штамповкой, ковкой и в местах перехода от одного диаметра к другому.

Проточки (канавки) применяют в основном для установки в них уплотняющих прокладок или для «выхода» режущих инструментов, например, при нарезании резьбы. На основном изображении проточки обычно выполняют с упрощениями. Их действительные формы и размеры показывают на выносных элементах.

В конструкциях деталей широко применяются *буртики, лыски и пазы*.

Буртик – это кольцевое утолщение на поверхности тел вращения. Он предназначен для фиксации другой детали.

Лыска – это плоский срез на цилиндрической, конической или сферической поверхности детали. Лыски выполняются параллельно геометрической оси поверхности.

На валу, изображенном на рис. 12.2, лыски служат для удержания детали от вращения при наворачивании гайки на другой ее конец. Для

придания чертежу большей наглядности лыски могут быть отмечены диагоналями. Их выполняют тонкими сплошными линиями. На торцах детали высверливают центровые отверстия, которые служат для удобства обработки поверхности вала на станке.

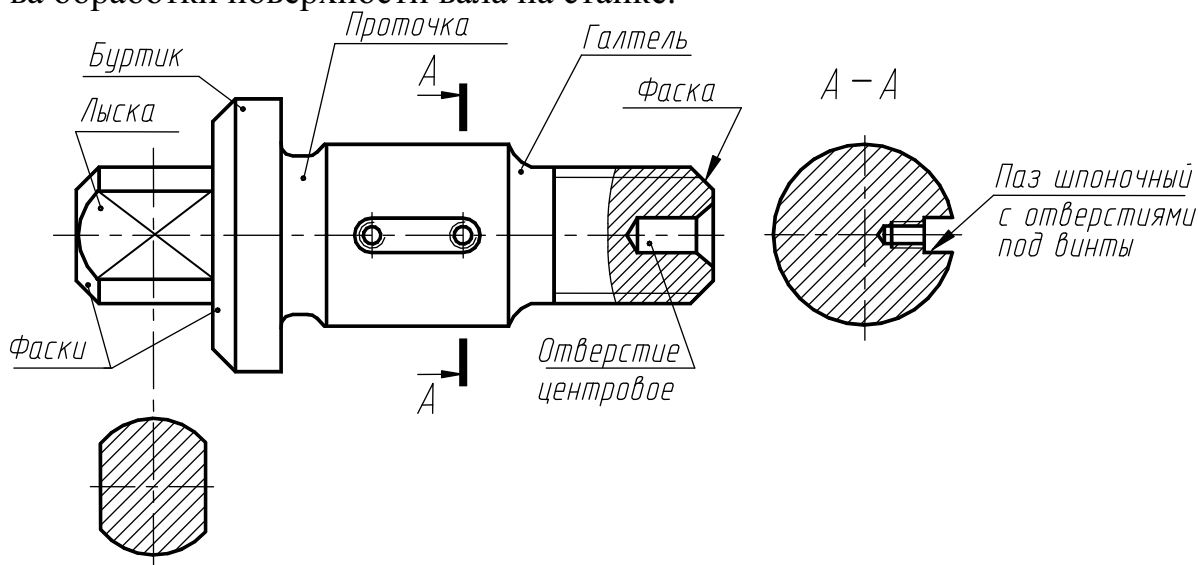


Рис. 12.2

12.3. Выбор изображений и планировка чертежа

Выполнение чертежа начинают с выбора главного изображения. Главное изображение должно давать наиболее полное представление о форме и размерах детали. Затем определяют, какие другие изображения необходимо выполнить. Решают, какие сделать разрезы и сечения, чтобы выявить внутреннее устройство детали.

Следует помнить, что количество изображений на чертеже должно быть минимальным. При этом выполненные изображения должны давать полное представление о конструкции детали. Применение условных обозначений, знаков и надписей на чертеже позволяет уменьшить количество изображений. Например, наличие на чертеже продольной оси симметрии и знаков \varnothing перед размерными числами служит указанием того, что боковые поверхности детали – поверхности вращения. В этом случае можно ограничиться одним изображением (вид спереди, рис. 12.3, а, д или фронтальный разрез, рис. 12.3, б, в, з).

Если детали такого типа содержат какие-либо элементы, например, отверстия, канавки, плоские срезы – «лыски», то необходимо выполнить изображения, выявляющие расположение и форму отверстий (рис. 12.4, а, б), лыски (рис. 12.4, в), шпоночного паза (рис. 12.4, з).

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного.

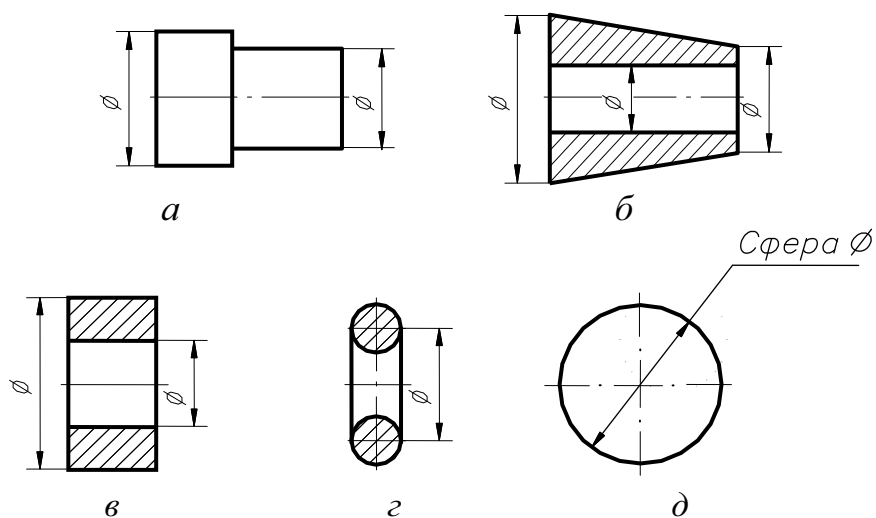


Рис. 12.3

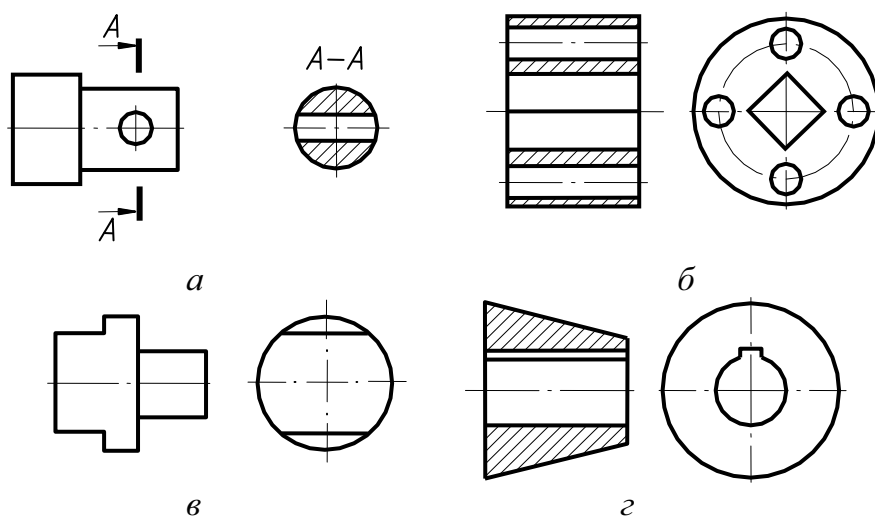


Рис. 12.4

Деталь располагают относительно плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало более полное представление о форме и размерах детали. Главное изображение в зависимости от формы детали может быть представлено как видом, так и фронтальным разрезом (рис. 12.5).

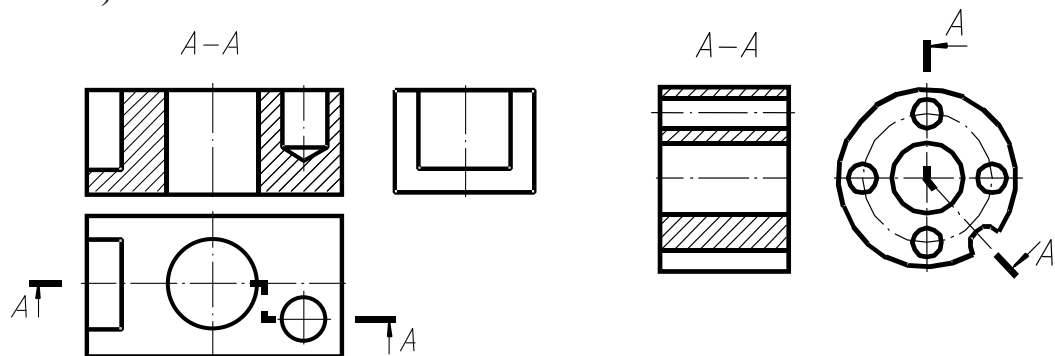


Рис. 12.5

Такие детали, как шкивы, маховики, колеса, шестерни (рис. 12.6) располагают с горизонтальной осью. Главным изображением для этих деталей является фронтальный разрез. Вид спереди не требуется, так как разрез выявляет одновременно и внешние очертания детали.

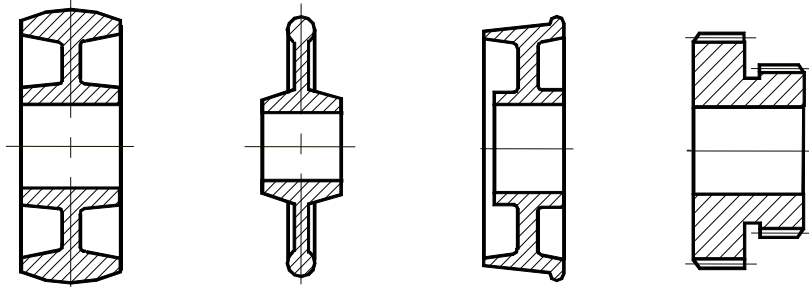


Рис. 12.6

Положение с горизонтальной осью применяется и для деталей, обрабатываемых на токарном станке (валы, оси, втулки, рис. 12.7).

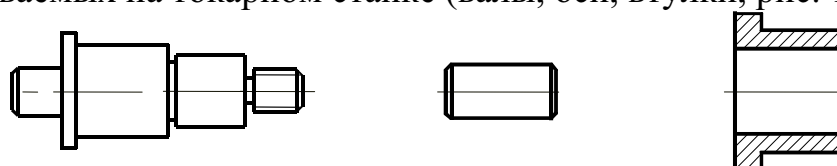


Рис. 12.7

Это обусловливается тем, что при обработке детали ее ось занимает, как правило, горизонтальное положение, а резец перемещается справа налево. Для удобства пользования чертежом при изготовлении детали главное изображение обычно располагают на чертеже так, чтобы ось детали была параллельна основной надписи (рис. 12.8).

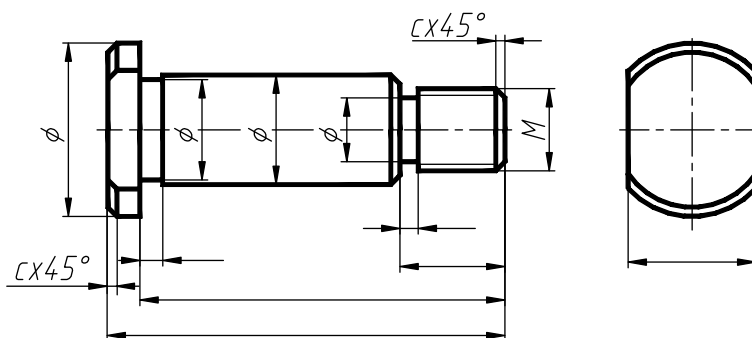


Рис. 12.8

Следует иметь в виду, что детали (или их заготовки), имеющие форму тел вращения, могут изготавливаться без применения токарной обработки (литье, ковка, штамповка и т. п.). В этих случаях главное изображение также желательно располагать с осью, параллельной основной надписи. Такой чертеж облегчит изготовление оснастки (модели, штампа и пр.), выполняемой на токарном станке.

Детали, ограниченные поверхностями вращения разного диаметра, обычно располагают на станке так, что участки с большими диамет-

рами находятся левее участков с меньшими диаметрами. Аналогично располагают на чертеже и главное изображение (рис. 12.8).

Если деталь помимо наружных поверхностей вращения ограничена соосными с ними внутренними поверхностями вращения, то в качестве главного изображения обычно принимают фронтальный разрез (рис. 12.9), что дает более полное представление о детали и облегчает нанесение размеров.

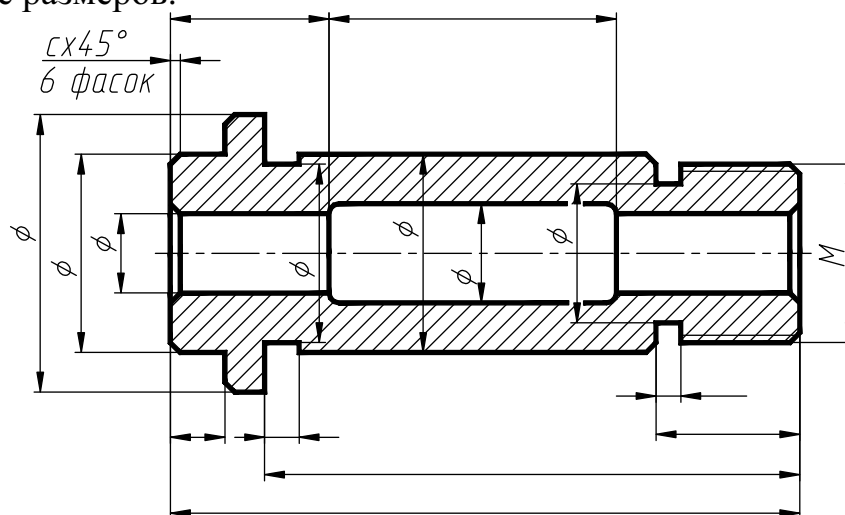


Рис. 12.9

В тех случаях, когда деталь имеет ступенчатое отверстие, главное изображение располагают так, чтобы ступени большего диаметра располагались правее ступеней меньшего диаметра (рис. 12.10).

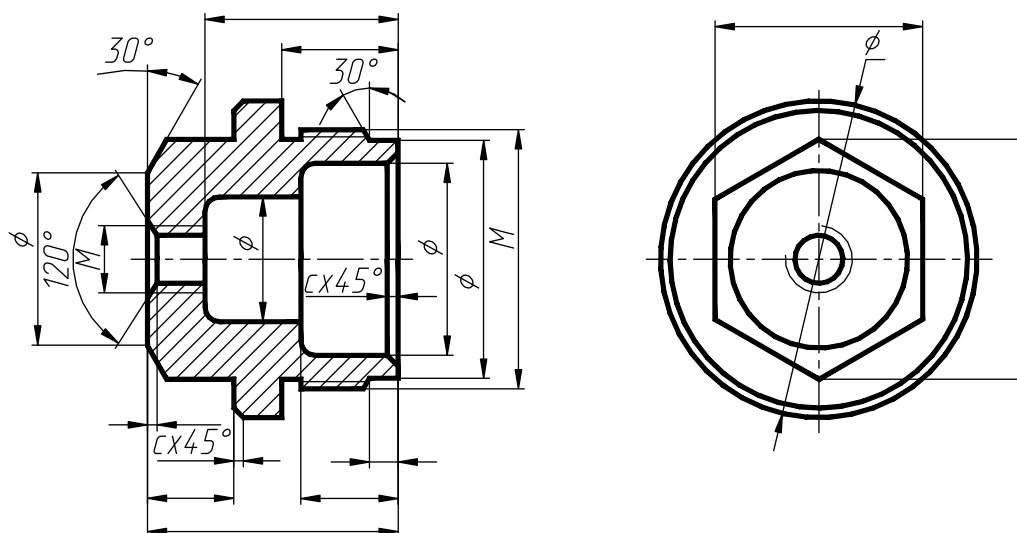


Рис. 12.10

Главное изображение детали, частично или полностью ограниченной конической поверхностью вращения, обычно располагают так, чтобы вершина конической поверхности находилась справа. Главное изображение детали, имеющей отверстия конической формы, распола-

гают так, чтобы вершина конической поверхности находилась слева (рис.12.11).

При наличии в деталях глухих отверстий или полостей их форму выявляют с помощью местных разрезов (рис. 12.12).

Деталь в зависимости от ее формы может требовать различного расположения ее на станке в процессе ее обработки. В таком случае главное изображение по своему расположению должно соответствовать тому положению детали, которому соответствует наибольший объем ее обработки.

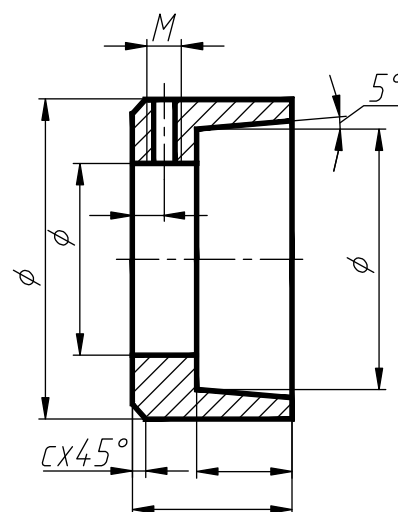


Рис. 12.11

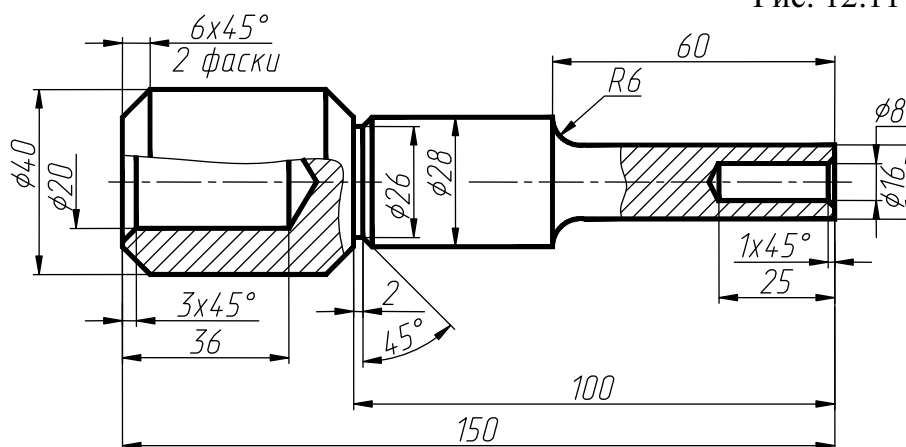


Рис. 12.12

Если чертеж детали должен дать информацию, как о наружной поверхности детали, так и о ее внутренней поверхности, то это может быть достигнуто путем совмещения части вида и части фронтального разреза (рис. 12.13).

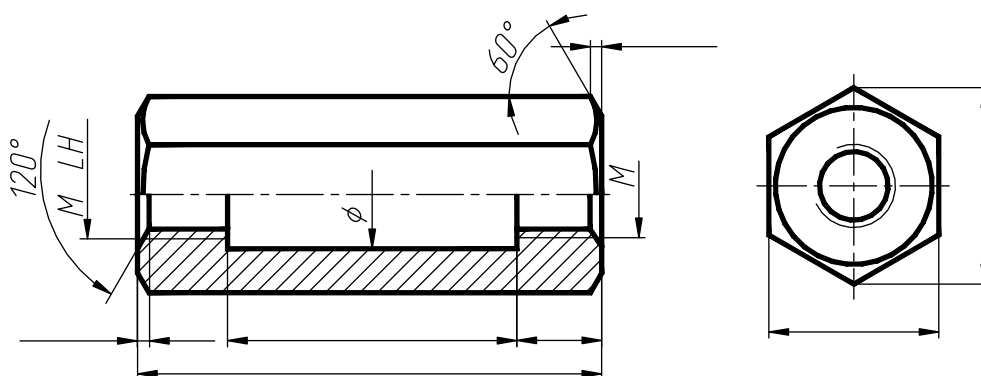
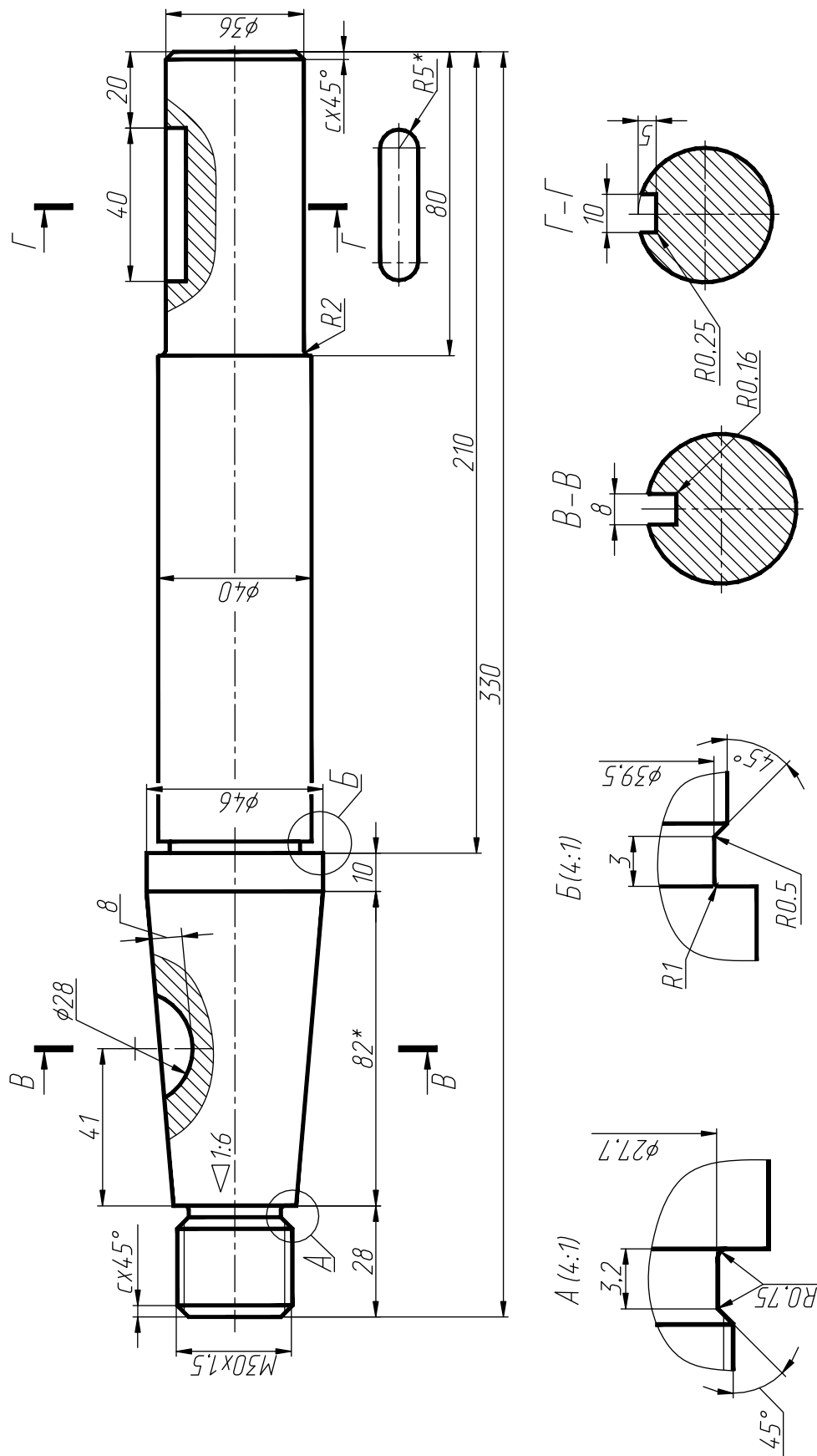


Рис. 12.13

На рис. 12.14 представлен вариант выполнения чертежа детали (вала) с преобладающей обработкой на токарном станке.



*Размеры для справок

Рис. 12.14

На чертеже вала применены местные разрезы, поясняющие размеры и форму шпоночных пазов. Для более наглядного представления о форме шпоночных пазов применены вынесенные сечения. Формы проточки для выхода резьбообразующего инструмента и канавки для выхода шлифовального круга уточняются на выносных элементах.

На рис. 12.15 дан пример выполнения чертежа фланца с отверстиями различной формы. Для выявления формы отверстий применен фронтальный разрез, который в данном случае является главным изображением. Расположение отверстий ясно видно на виде слева.

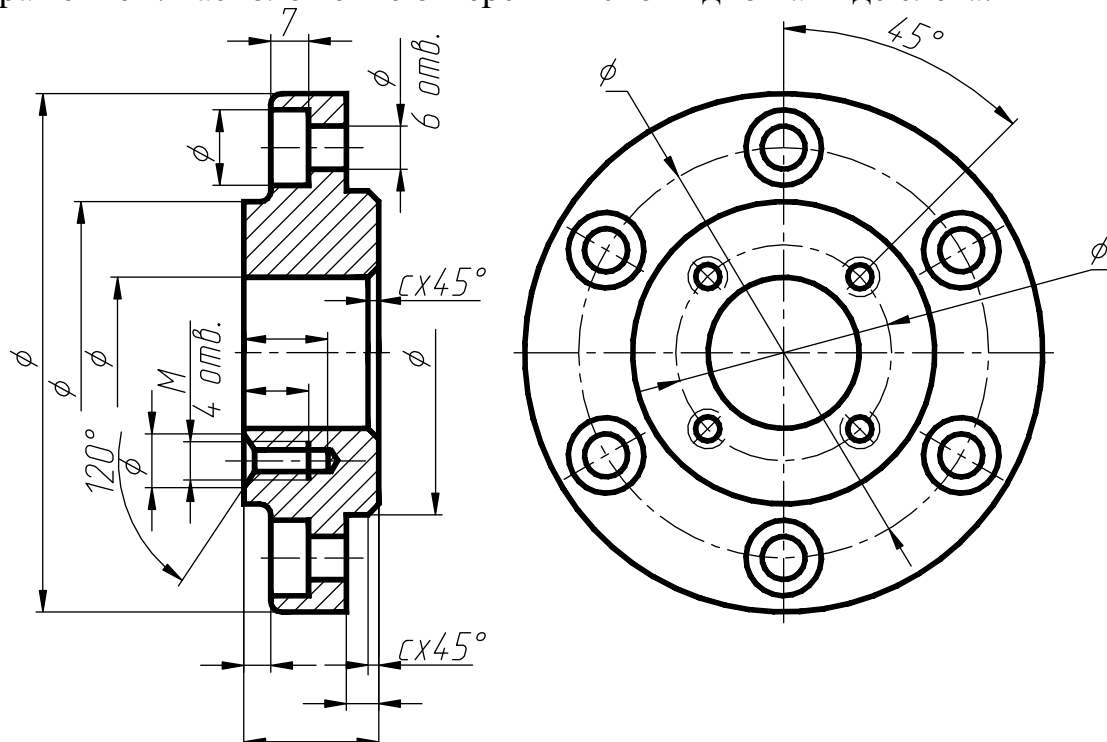


Рис. 12.15

Кроме токарной обработки существуют и различные другие способы изготовления деталей, например, горячая и холодная штамповка. Штампованные детали помещают на главном изображении соответственно их положению при штамповке.

Форма и изображения деталей, изготовленных холодной штамповкой из листового материала, имеют характерные отличительные признаки. Форму таких деталей получают в результате операций:

- — разделительных, при которых деталь отрезают или вырубают из заготовки, а в ряде случаев в детали пробивают отверстия;
- — формоизменяющих, при которых изменяют форму заготовки без ее разрушения (вытяжка, формовка, гибка и др.);
- — комбинированных, являющихся сочетанием двух первых операций.

Детали, полученные в результате разделительных операций.
Форму таких деталей передают на чертеже одним изображением с указанием толщины материала (рис. 12.16).

Детали, полученные в результате формоизменяющих операций. Изображения формы таких деталей имеют плавные переходы от одного элемента к другому, без острых углов, как внутренних, так и наружных. Наименьшие радиусы скруглений (переходов) равны (или больше) толщине материала.

Изображение подобной детали выполняют, условно принимая толщину всех ее элементов одинаковой. Поэтому контур любого ее сечения, иногда и вида, образован двумя эквидистантными линиями, а в местах перехода – дугами концентрических окружностей (рис. 12.17).

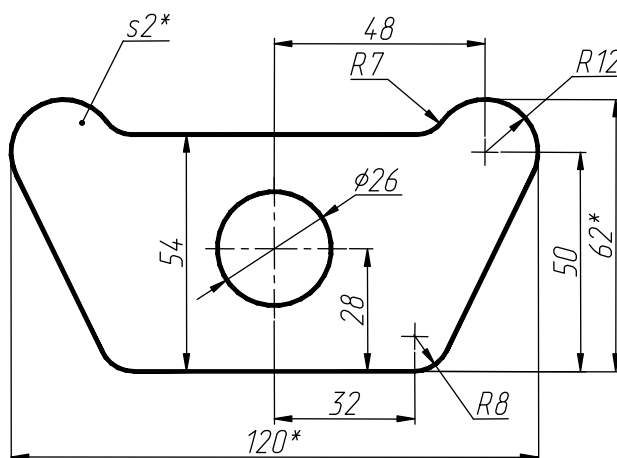
Детали, полученные в результате комбинированных операций. Изображения формы таких деталей повторяют особенности форм и изображений деталей первых двух типов.

Когда изображение детали, изготовленной гибкой, не дает представления о действительной форме и размерах ее элементов, на чертеже показывают частичную или полную развертку этой детали. Над изображением развертки помещают знак $\odot \rightarrow$ (рис. 12.18).

Развертку детали изображают сплошными основными линиями.

Для грубого определения длины развертки размеры изогнутых элементов детали рассчитывают по средней линии, пользуясь формулой $l = 2\pi R\varphi/360^\circ$, где l – длина изогнутого элемента детали; R – радиус дуги, проходящей через середину толщины детали; φ – угол гибки в градусах.

Складывая длину прямых и изогнутых элементов детали, получают ее развернутую длину.



*Размеры для справок

Рис. 12.16

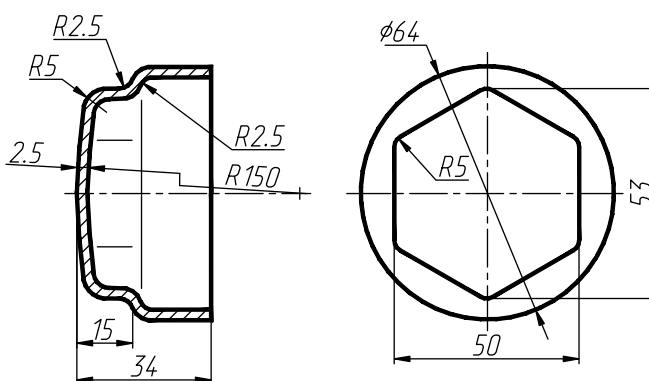


Рис. 12.17

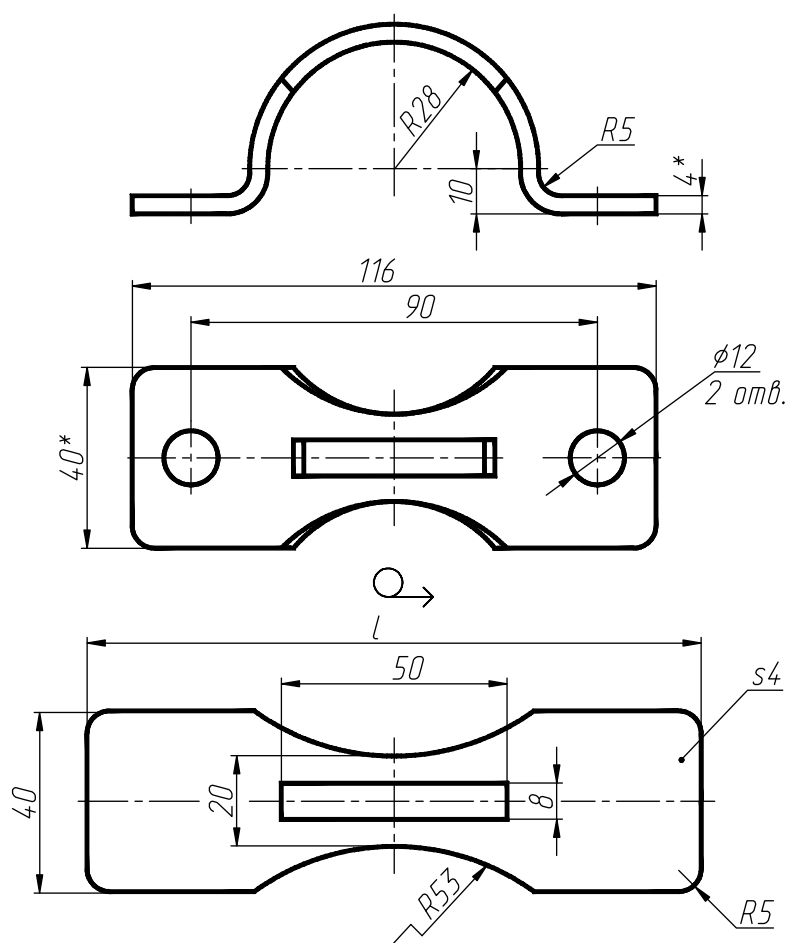


Рис. 12.18 *Размеры для справок

Детали, заготовки которых получают литьем, располагают так, как они находятся в изделии или в процессе разметки на разметочной плите. При этом основная обработанная плоскость детали чаще всего занимает горизонтальное положение.

Учитывая сложность детали, ее размеры и размеры листа бумаги, решают вопрос о выборе масштаба изображения, чтобы рационально скомпоновать рабочую площадь чертежа.

Прежде, чем приступить к вычерчиванию изображений, выбирают формат бумаги. Выбрав формат, выполняют рамку чертежа, выделяют место для основной надписи и дополнительной графы. На свободном поле листа приступают к вычерчиванию изображений. Для этого прежде всего, намечают осевые и центровые линии каждого изображения. Осевые и центровые линии проводят с целью выявления или геометрических осей центров, или проекций плоскостей симметрии детали. Отсутствие осевых и центровых линий затрудняет понимание чертежа.

Выполняют внешние контуры каждого изображения с конструктивными элементами (фасками, проточками и т. д.). Затем тонкими ли-

ниями отмечают контуры необходимых разрезов и сечений. При этом учитывают, что обычно внутренние поверхности параллельны внешним поверхностям детали, оси крепежных отверстий чаще всего располагаются симметрично относительно осей детали или по вершинам правильных многоугольников. Острые кромки литых деталей следует скруглить; конструктивные уклон и конусность должны быть отражены, несмотря на их незначительность.

Проверив выполненные изображения, убирают лишние линии, наносят штриховку в разрезах и сечениях, обводят видимый контур изображения сплошной основной линией.

12.4. Эскизы деталей

Эскиз (от франц. esquisse – предварительный набросок) – чертеж временного характера, выполненный от руки без применения чертежных инструментов, без точного соблюдения масштаба (в глазомерном масштабе), но с соблюдением пропорций элементов детали. При этом сохраняются все правила прямоугольного проецирования, правила оформления чертежей (стандарты на линии, на выполнение разрезов, на нанесение размеров). По содержанию к эскизам предъявляются такие же требования, как и к рабочим чертежам.

Перед составлением эскиза следует осмотреть деталь, понять её назначение и обдумать, какие именно изображения следует выполнить. Необходимо решить, какое изображение принять за главный вид, сколько и каких разрезов необходимо выполнить, чтобы дать наиболее полное представление о конструктивных особенностях детали при *наименьшем количестве изображений.*

Эскиз необходимо выполнять очень аккуратно. Чем больше эскиз будет похож на чертеж, изготовленный с помощью чертежных инструментов, тем выше его ценность.

Эскизы используются как при конструировании новых изделий, так и в производстве. Например, при аварийном ремонте изделия новая деталь может быть изготовлена по эскизу, а не по чертежу. Выполнение эскиза занимает значительно меньше времени, чем выполнение рабочего чертежа.

Студентам выполнять эскиз рекомендуется на простой писчей бумаге в клетку, но обязательно на формате А4 или А3.

Каждая деталь должна быть изображена на отдельном формате. При выборе размера изображения учитывают сложность детали, а также возможность и удобство нанесения размеров.

12.5. Последовательность выполнения эскиза

Эскизы выполняют с *оригинальных, типовых* и *стандартных* деталей.

Оригинальными считают детали, у которых ни изображения, ни размеры не являются стандартными. Для типовых деталей установлены определенные изображения и правила нанесения размеров. К таким деталям относят пружины, зубчатые колеса, рейки, звездочки цепных передач и др. Стандартными являются детали, у которых и форма, и размеры стандартные (например, крепежные детали).

Выполнение эскиза детали можно разбить на следующие этапы:

- подготовительный;
- выполнение изображений;
- нанесение размеров, шероховатости поверхностей;
- проверка, выполнение всех надписей и окончательное оформление эскиза.

Эскизы оригинальных деталей

1-й этап – подготовительный.

- Выявляют назначение и положение детали в сборочной единице, устанавливают ее название. Изучают наружную и внутреннюю форму, устанавливают наличие стандартных элементов (например, шестигранников под гаечный ключ), резьбовых частей, отверстий и их расположение. Определяют материал детали, основные технологические процессы (литье, штамповка, ковка, прессование, резание), которые были применены при ее изготовлении. Изучая форму детали, мысленно расчленяют ее на составляющие элементы. Определяют, какими геометрическими фигурами являются эти элементы.

- Устанавливают количество и состав изображений (видов, разрезов, сечений), необходимых для полного отображения на чертеже ее наружной и внутренней формы. Выбирают главное изображение. Главное изображение должно содержать наибольшую информацию об устройстве детали.

- Подготавливают лист бумаги и определяют, как (горизонтально или вертикально) следует расположить большую его сторону для выполнения эскиза.

2-й этап – выполнение изображений.

Рассмотрим последовательность действий на примере выполнения эскиза стойки, рис. 12.19.

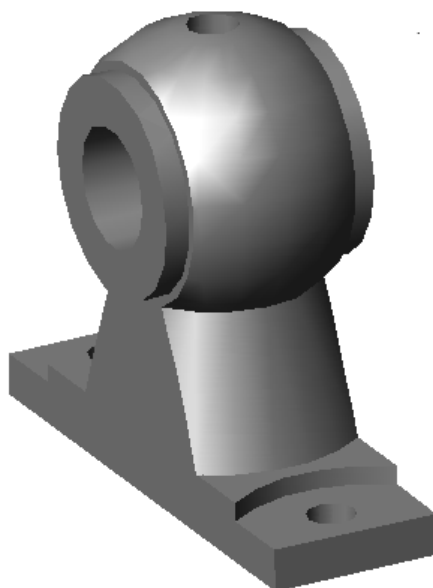


Рис. 12.19

• На листе бумаги вычерчивают рамку и прямоугольники для основной и дополнительной надписей, а затем наносят тонкими линиями габаритные прямоугольники изображений, соблюдая проекционную связь (рис. 12.20). Между ними оставляют достаточные промежутки для нанесения размеров. Работу рекомендуется выполнять карандашом F или HB (Т или ТМ).

• Внутри габаритных прямоугольников проводят оси симметрии (если деталь симметрична), центровые и осевые линии. Оси проводят тонкими штрихпунктирными линиями.

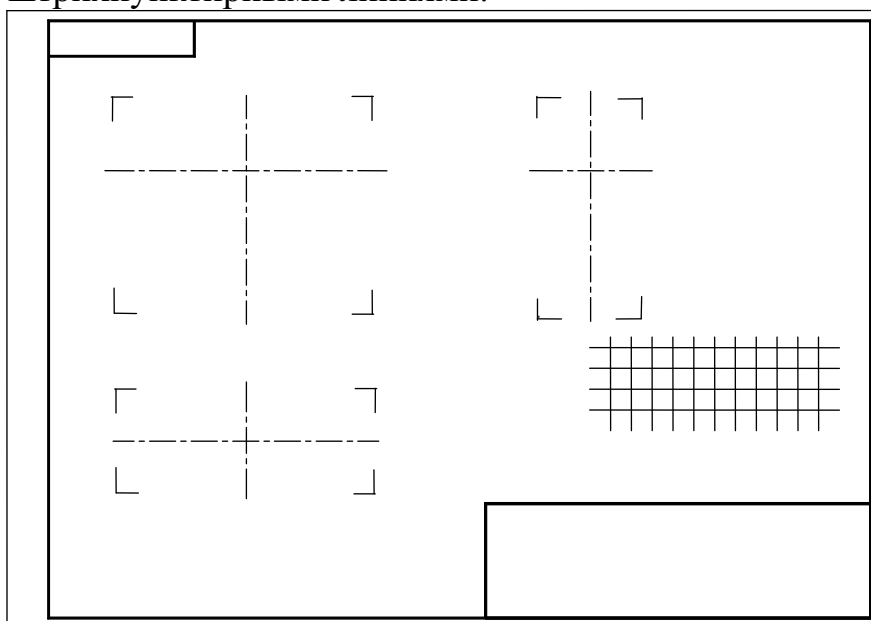


Рис. 12.20

• Вычерчивают видимые очерки основных элементов детали на всех изображениях, соблюдая проекционную связь (рис. 12.21). При этом в возможно большей степени используют линии сетки, имеющейся на бумаге. Центры кругов, как правило, помещают в точки пересечений линий сетки. Окружности больших размеров можно проводить циркулем с последующей их обводкой от руки.

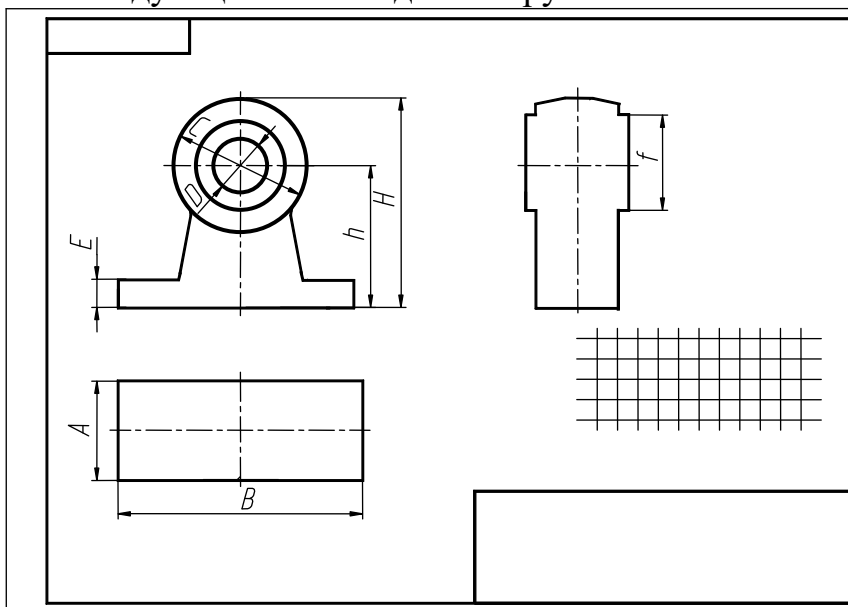


Рис. 12.21

• Выполняют разрезы и сечения (рис. 12.22).
 • Проверяют построения и при необходимости вносят исправления. Обводят изображения. Выполняют штриховку разрезов и сечений. Наносят условное изображение резьбы.

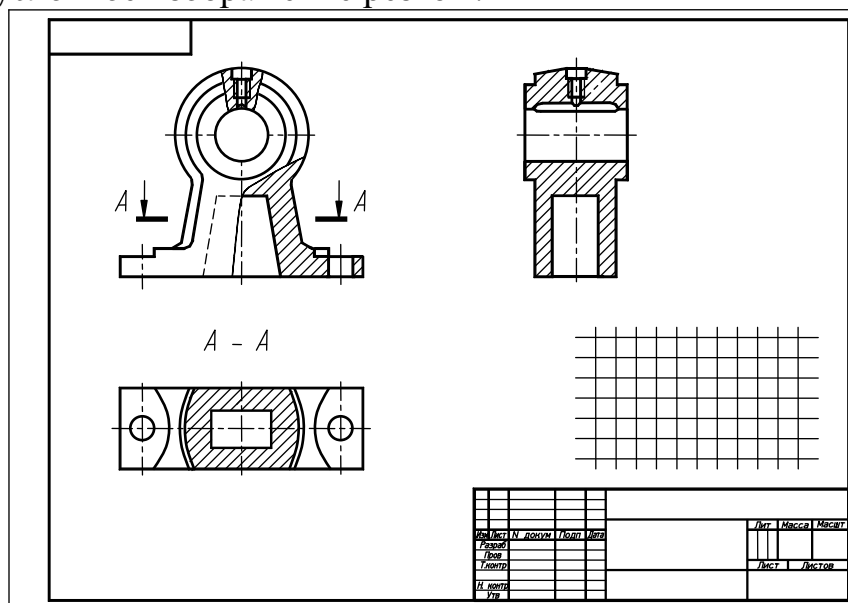


Рис. 12.22

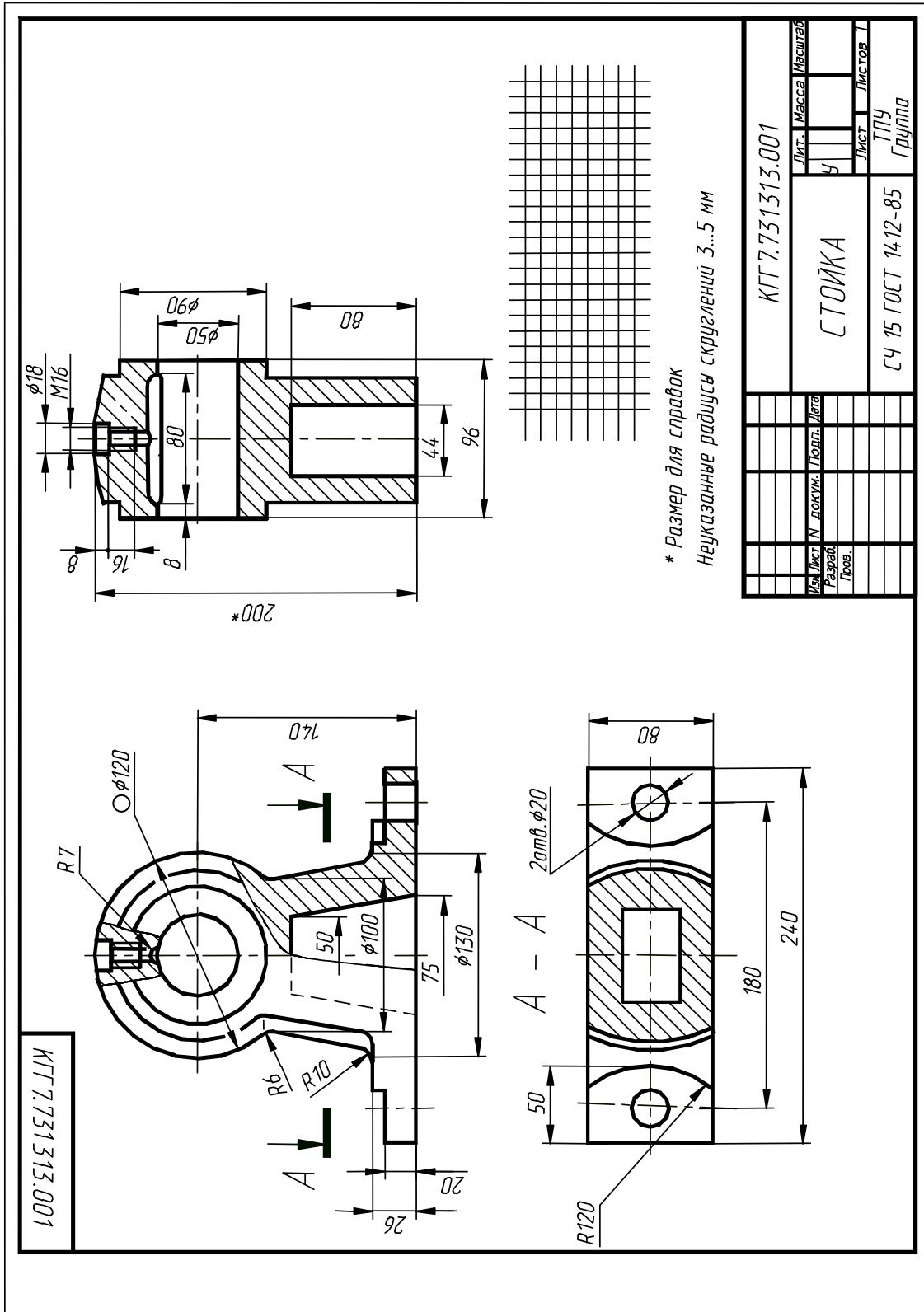


Рис. 12.23

3-й этап – нанесение размеров (рис. 12.23).

- Намечают размерные базы и проводят выносные и размерные линии для размеров, определяющих величину каждого элемента детали и расстояние от него до базы.

- Обмеряют деталь, корректируют размеры, если они сопряжены с размерами других деталей. Сопоставляют размеры, полученные путем обмера, с рекомендуемыми (из таблицы размерных рядов) и наносят на эскизе рекомендуемые, но близкие к измеренным.

- Если необходимо, по справочным таблицам определяют шероховатость поверхностей и наносят ее условные обозначения.

- Обозначают разрезы, сечения, местные виды и выносные элементы.

4-й этап – проверка и окончательное оформление эскиза.

Проверяют эскиз, вносят исправления, если обнаруживают ошибки, заполняют основную надпись, дополнительную графу и таблицы, если они необходимы.

Определяют материал детали и записывают его в основную надпись.

В случае, когда деталь принадлежит к числу стандартных или типовых, выполнение эскиза упрощается. Количество и состав изображений, а также нанесение размеров на них, определены стандартами. Размеры, полученные в результате обмера, заменяют близкими к ним, взятыми из таблиц соответствующего стандарта.

12.6. Измерительные инструменты и приемы обмера деталей

Измерение – это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. При обмере деталей пользуются разнообразными измерительными инструментами.

В зависимости от назначения измерительные инструменты можно разделить на две группы. К первой группе относятся стальные линейки, кронциркули, нутромеры и т. п. Точность измерения этими приборами составляет 0,5...1,0 мм. Во вторую группу входят штангенциркули, угломеры, микрометры. Они обеспечивают точность измерения 0,1...0,02 мм.

Металлическая линейка позволяет непосредственно определять значение измеряемой величины. Цена деления линейки составляет 1 мм.

Кронцикуль применяется для измерения размеров наружных поверхностей деталей. Криволинейная форма ножек с загнутыми внутрь

концами позволяет удобно измерять диаметры поверхностей вращения (рис. 12.24).

Нутромер применяется для измерения размеров внутренних поверхностей. Ножки нутромера прямые, с отогнутыми наружу концами.

При измерении размеров с помощью кронциркуля или нутромера не следует прилагать чрезмерные усилия: инструменты должны свободно перемещаться по измеряемой поверхности.



Рис. 12.24

На рис. 12.25 показаны приемы определения межцентрового расстояния отверстий. Если отверстия одинакового диаметра (рис. 12.25, а), то можно измерить линейкой расстояние mn , которое равно межосевому расстоянию.

При разных диаметрах отверстий (рис. 12.25, б) линейкой измеряется расстояние ek между ближайшими точками отверстий и к нему прибавляется сумма размеров радиусов большого и малого отверстий.

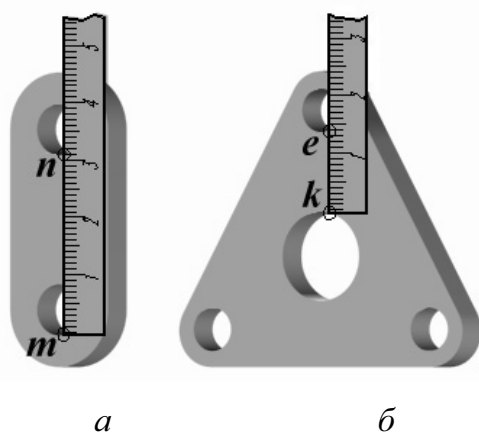


Рис. 12.25

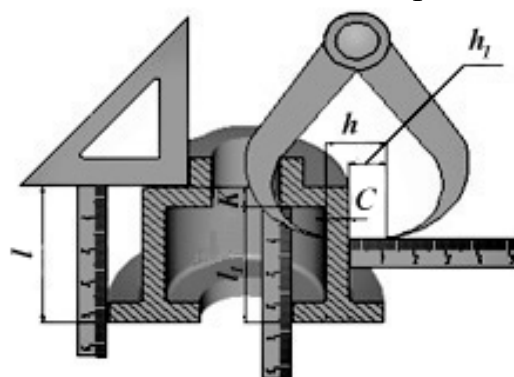


Рис. 12.26

На рис. 12.26 показан пример определения толщины стенок детали при помощи линейки и кронциркуля. Размер K равен разности длин l

и l_1 , измеренных линейкой. Размер C находят как разность длины h , измеренной кронциркулем, и длины h_1 , измеренной линейкой.

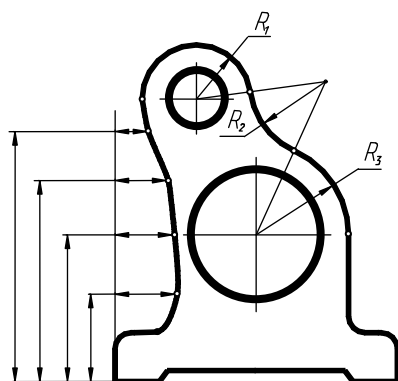


Рис. 12.27

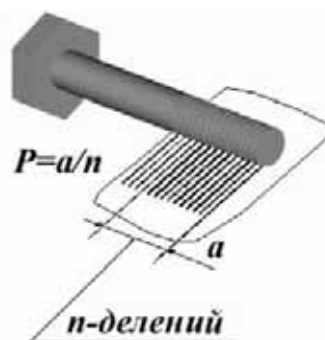


Рис. 12.28

Форму и размеры контура криволинейных поверхностей детали определяют методом координат (рис. 12.27). Координаты точек находят при помощи треугольника и линейки. Для этого катет треугольника располагают вертикально и перемещают по нему металлическую линейку.

При выполнении эскизов детали с натуры часто встречаются детали с резьбой, которую надо измерить. Для этого применяют специальные шаблоны, называемые резьбомерами.

В случае, когда нет резьбомера, шаг резьбы (или число ниток на дюйм) можно определить по оттиску на бумаге (рис. 12.28). Желательно, чтобы на листе бумаги отпечаталось не менее 10 витков (ниток) резьбы. Затем по оттиску измеряют расстояние между крайними достаточно четкими рисками оттиска. Считают число промежутков между крайними рисками (число шагов) и делят измеренное расстояние на это число. Получают значение шага. Полученное значение шага сравнивают со значениями, помещенными в соответствующих стандартах.

Для определения радиусов закруглений выступов и впадин детали применяют шаблоны – радиусомеры (рис. 12.29). Величина радиуса указана на каждом шаблоне.

Скругления большого размера можно измерить с помощью отпечатка на бумаге. Бумагу накладывают на скругленную часть детали и обжимают (рис. 12.30). Оттиск на бумаге обводят остро заточенным карандашом. Затем с помощью циркуля или измерителя определяют радиус полученного скругления.

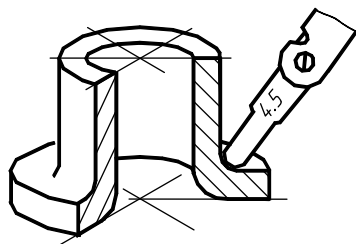


Рис. 12.29

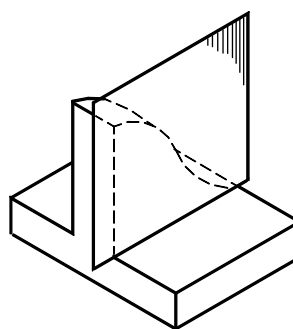


Рис. 12.30

12.7. Шероховатость поверхности

Если рассмотреть в сильную лупу или под микроскопом поверхность какой-либо детали, то даже на хорошо отполированной поверхности будут заметны микронеровности. Совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности на определенной базовой длине l , называется *шероховатостью поверхности*.

Поверхность детали имеет различную шероховатость.

Шероховатость поверхности влияет на надежность работы механизма.

Из деталей с разной шероховатостью работающих в равных условиях, первой выйдет из строя деталь, имеющая большую высоту микронеровностей за счет истирания поверхности. Надежность работы механизма в этом случае уменьшится.

Поэтому при проектировании машины конструктор задает не только точность, с какой должны быть выдержаны размеры элементов детали, но и допустимую шероховатость его поверхности, чтобы обеспечить длительную работоспособность детали. При этом следует учитывать, что чем выше требования к качеству поверхности, тем дороже ее изготовление.

Сечение поверхности нормальной к ней плоскостью дает представление о профиле ее рельефа: о количестве, форме и величине выступов и впадин микронеровностей. Практически высота выступов и впадин микронеровностей поверхности колеблется от 0,08 до 500 мкм и более (мкм – микрометр равен 0,001 мм). Для оценки качества обрабатываемой поверхности стандарт установил шесть параметров. Наиболее часто используется один из высотных параметров Ra или Rz . Значения этих параметров определяются в пределах некоторого участка поверхности, длина которого называется базовой длиной l (рис. 12.31).

Ra – среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = 1/n \sum_{i=1}^n (y_i),$$

где y – расстояние между любой точкой профиля и средней линией;
 n – число выбранных точек профиля на заданной длине.

Rz – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = 1/5 (\sum_{i=1}^5 H_{max} + \sum_{i=1}^5 H_{min}).$$

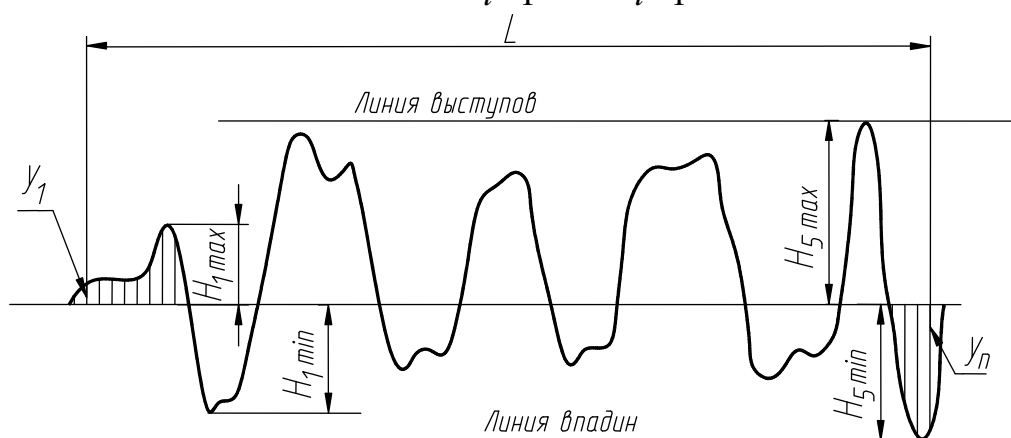


Рис. 12.31

В табл. 12.1 приведены выборочно ряды значений параметров Ra и Rz , которые предпочтительны.

Таблица 12.1

Ra				Rz			
80	8,0	0,40	0,025	320	32	1,60	0,100
40	4,0	0,20	0,012	160	16	0,80	0,050
20	2,0	0,100		80	8	0,40	0,025
10	0,80	0,050		40	3,2	0,20	

Стандарт устанавливает обозначения шероховатости поверхности и правила нанесения их на чертежах изделий.

Для обозначения шероховатости поверхности применяется один из знаков, изображенных на рис. 12.32. Высота h приблизительно равна высоте размерных чисел, а высота H равна $1,5 \dots 3h$. Толщина линий знаков берется равной примерно половине толщины сплошной основной линии, примененной на данном чертеже.

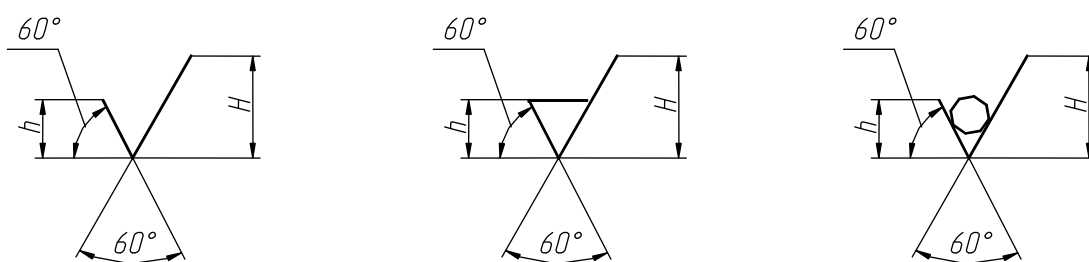


Рис. 12.32

- Знак \surd применяется для обозначения шероховатости поверхности, вид обработки которой не устанавливается конструктором.
- Знак \surd применяют для обозначения шероховатости поверхности, образованной удалением слоя материала (точением, сверлением и т.п.).
- Знак \surd применяют для обозначения шероховатости поверхности детали, которая образована без удаления слоя материала (литье,ковка, штамповка, прокат и т.п.). Этим же знаком обозначаются поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу.

На рис. 12.33 показана структура обозначения шероховатости поверхности детали. Вид обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в случае, когда он является единственным применением для получения требуемой шероховатости поверхности.

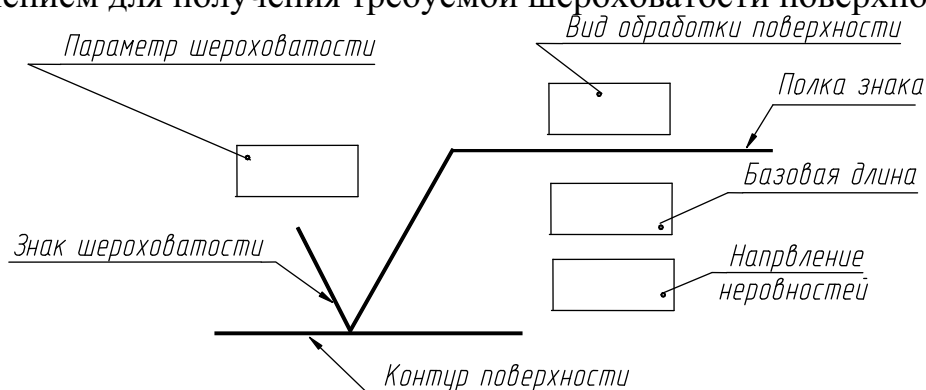


Рис. 12.33

Параметр шероховатости Ra указывают без символа, а Rz – с символом, например, $Rz40/\surd$ означает: шероховатость, полученная механическим путем, $Rz=40$.

Обозначения шероховатости поверхности на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок. Вершина знака или стрелка линии-выноски должны упираться в поверхности, шероховатость которых обозначают. К одной полке можно подводить несколько линий-выносок, которые относятся к одному конструктивному элементу. При недостатке места допускается

располагать знаки на размерных линиях или на их продолжении (рис. 12.34). Допускается также разрывать выносную линию. Своей вершиной угол знака должен касаться линии, на которую он наносится. Если знак имеет полку, обозначение шероховатости поверхности располагают параллельно основной надписи.

На рис. 12.35 даны различные случаи расположения знаков шероховатости поверхности на чертежах изделий.

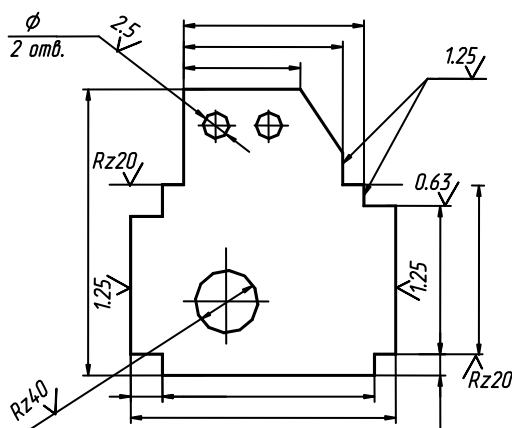


Рис. 12.34

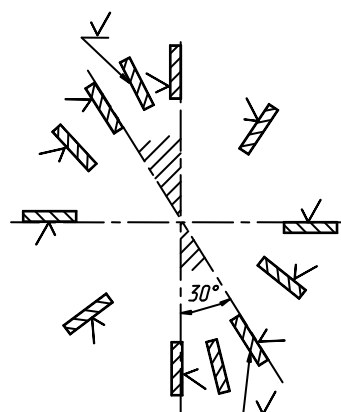


Рис. 12.35

Если указывается одинаковая шероховатость для всех поверхностей изделия, то обозначение помещают в правом верхнем углу чертежа (рис. 12.36). Размеры и толщина линий знака в этом случае больше, чем в обозначениях, применяемых на изображении изделия, примерно в полтора раза.

Если поверхности детали имеют разную шероховатость, то шероховатость преобладающей части поверхности изделия помещают в правом верхнем углу чертежа, а в скобках знак $\sqrt{\quad}$. Это означает, что поверхности, шероховатость которых на изображении детали не указана, должны иметь шероховатость, указанную перед скобками (рис. 12.37). Размеры знака в скобках должны быть такие же, как у знаков на изображении.

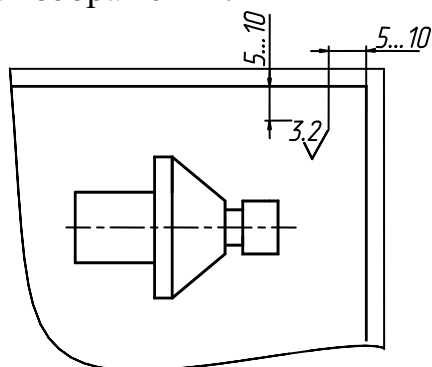


Рис. 12.36

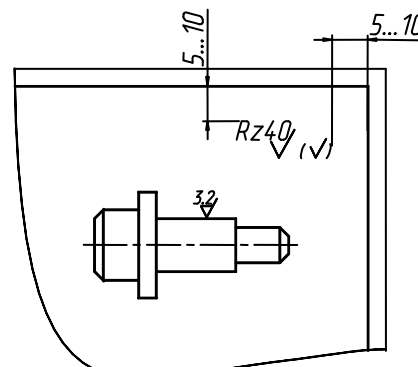


Рис. 12.37

На изображении изделия знак шероховатости наносят по возможности ближе к месту, где указан размер.

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т.д. условно наносят на линии делительной окружности.

Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией и наносят размеры и знаки шероховатости на каждом участке (рис. 12.38).

Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), количество которых указано на чертеже (рис. 12.34), а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз независимо от числа изображений.

Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, то обозначение шероховатости наносят один раз со знаком \bigcirc , означающим «по контуру», как показано на рис. 12.39, диаметр знака – 4...5 мм.

В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак по контуру не наносят (рис. 12.40).

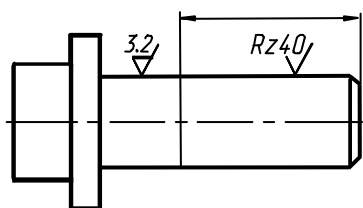


Рис. 12.38

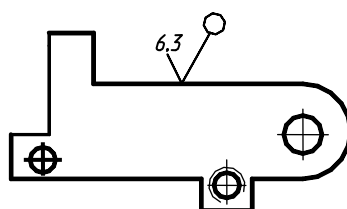


Рис. 12.39

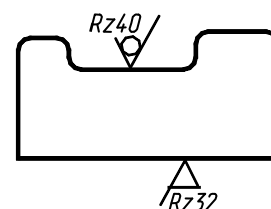


Рис. 12.40

Обозначая шероховатость поверхностей детали, необходимо по возможности уяснить условия ее работы в изделии.

Например, шероховатость поверхности деталей из латуни и бронзы при тех же технологических операциях получается меньшей, чем для стали.

Величина параметра шероховатости в зависимости от функционального назначения, состояния и способа обработки поверхности выбирается из табл. 12.2.

Таблица 12.2

Параметры шероховатости в зависимости от состояния и способа обработки поверхности

Параметр шероховатости	Поверхности	Способ обработки
	Поверхности заготовок в состоянии поставки, не прошедшие механической обработки и не определяемые данным чертежом	Прокатка, ковка, литье, штамповка, волочение и т. п.
$Rz320$	Наружные, механически обработанные поверхности, не соприкасающиеся с другими поверхностями (поверхности фланцев арматуры, гаек и др.)	Черновое точение, черновое фрезерование, сверление, обдирочное шлифование
$Rz80$	Опорные поверхности станин, кронштейнов, защитных кожухов; поверхности галтелей, канавок, фасок, фланцев, шкивов, торцы труб и др.	Получистовое точение и растачивание, черновое строгание, сверление, зенкерование
$Rz40$	Корпус патрона, свободные поверхности валов, шкивов корпусов; неотчетливые профили резьб; поверхности отверстий под болты, шпильки и др.	Сверление, зенкерование, развертывание, получистовое точение
$Rz20$	Присоединительные поверхности корпусов, кронштейнов; наружные свободные поверхности зубчатых колес и др.	Чистовое точение, получистовое фрезерование и строгание, чистовое строгание
2,5	Сопряженные поверхности неподвижных соединений, например, опорные плоскости реек, направляющие типа «ласточкин хвост», внутренние поверхности корпусов под подшипники качения	Чистовое сверление, чистовое шлифование, нарезание резьб и зубошлифование, зубодолбление
1,25	Посадочные поверхности зубчатых колес, червяков, втулок; внутренняя поверхность подшипников скольжения	Чистовое точение, чистовое фрезерование, чистовое шлифование, притирка

Продолжение табл. 12.2

Параметр шероховатости	Поверхности	Способ обработки
$0,63 \checkmark$	Сопрягаемые поверхности бронзовых зубчатых колес, рабочие шейки коленчатых и распределительных валов; поверхности валов под подшипники качения	Чистовое точение, чистовое фрезерование, чистовое шлифование, притирка
$0,32 \checkmark$	Посадочные поверхности осей и валов малого диаметра, рабочие поверхности центров	Тонкое шлифование, тонкое точение, притирка
$0,16 \checkmark$	Поверхности, работающие в условиях трения, например, наиболее ответственные оси и валы повышенной точности; рабочие поверхности коленчатых и распределительных валов быстроходных двигателей; поверхности цилиндрических и призматических направляющих	Притирка, доводка
$Rz0,10 \checkmark$	Измерительные поверхности деталей измерительных приборов и рабочие поверхности приборов в подвижных сопряжениях высокой точности	Тонкая притирка, доводка, полирование

Вопросы для самоконтроля

1. Какие элементы деталей вы знаете? Для чего их применяют в конструкциях деталей?
2. Какой чертеж называется эскизом?
3. Какие требования предъявляются к эскизам? В какой последовательности составляется эскиз оригинальной детали?
4. Какие детали называются типовыми? Какие операции необходимо выполнить при составлении эскиза типовой детали?
5. Какие детали называются стандартными?
6. Какие измерительные инструменты используют для обмера деталей при нанесении размеров на эскизе?
7. Как измеряется величина шага резьбы при обмере детали?
8. Как определяют форму и размеры контура криволинейных поверхностей?

ГЛАВА 13

СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ.

ДЕТАЛИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ОБЩЕГО ВИДА

13.1. Назначение и содержание сборочных чертежей

Чертежи сборочных единиц разрабатывают на всех стадиях проектирования изделий, причем на стадии разработки проектной документации разрабатывают *чертежи общего вида*, а на стадии выполнения рабочей документации – *сборочные чертежи*.

Сборочный чертеж – чертеж, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки, обработки в собранном виде и контроля. По нему ведутся сборочные работы, соединяются детали в сборочные единицы, затем сборочные единицы и детали в готовое законченное изделие и контролируются эти работы.

По сборочным чертежам можно представить взаимосвязь составных частей и способы соединения деталей (рис. 13.1). Состав изделия определяется спецификацией (рис. 13.2).

Чертежи общего вида входят в комплект технической документации; непосредственно в производственные цеха они не поступают, а предназначаются для разработки по ним чертежей деталей, сборочных единиц и спецификаций в конструкторском бюро. По этим чертежам можно представить не только взаимосвязь и способы соединения деталей, но и форму всех элементов деталей и их модификаций, составляющих данное изделие.

Сборочный чертеж (рис. 13.1) должен содержать:

- изображения, дающие представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающие возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Допускается на сборочных чертежах помещать дополнительную схему соединения и расположения составных частей изделия;
- размеры изделия;
- указания о способе соединения деталей в неразъемных соединениях (рис. 13.3);
- номера позиций составных частей, входящих в изделие.

Сборочный чертеж выполняют на стандартном формате листа бумаги. Размер формата выбирается в зависимости от размеров изделия и количества входящих в него деталей.

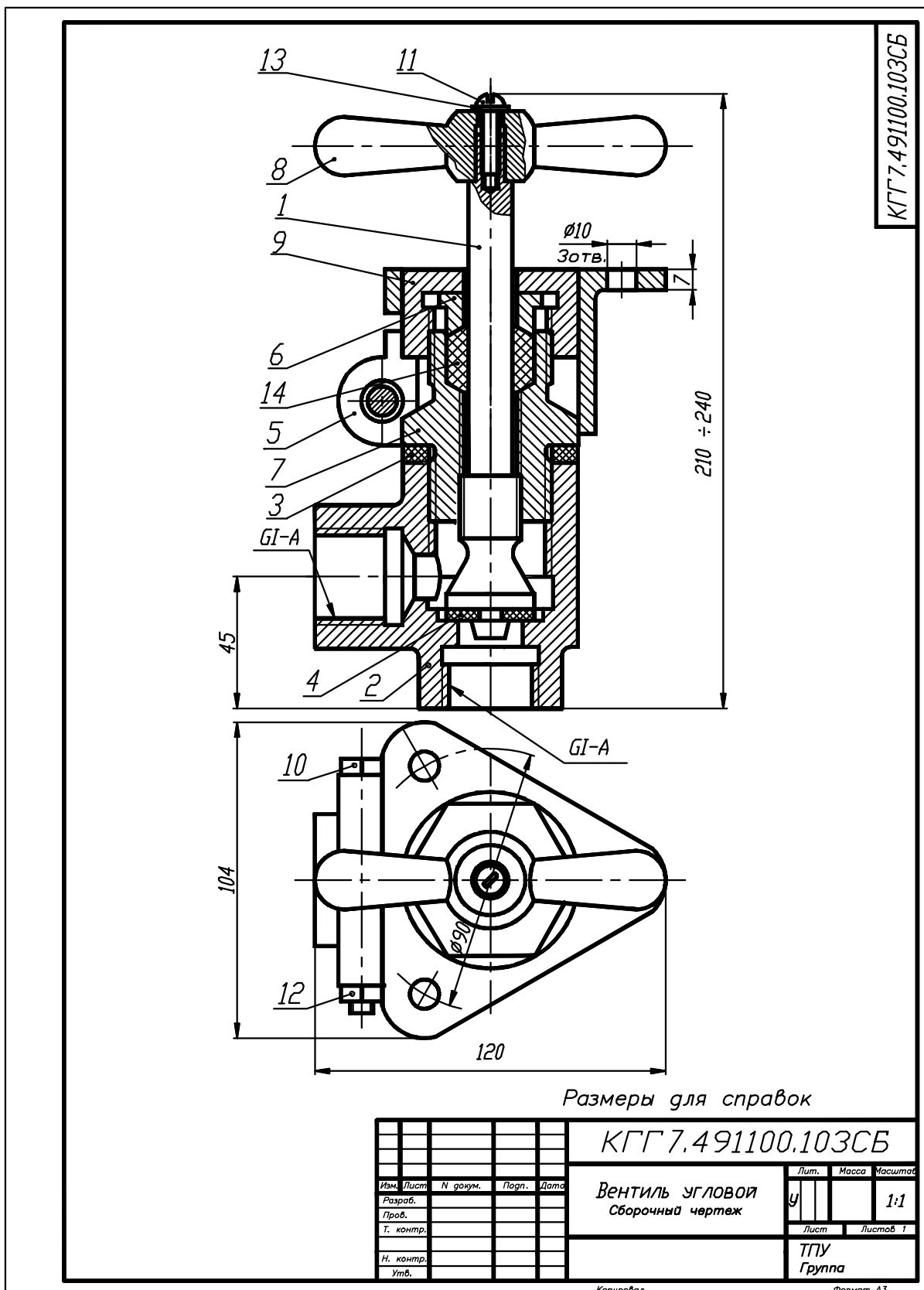


Рис. 13.1

Формат	Зона	Листов	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А3			КГГ 7.491100.103СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
М	1		КГГ 7.715000.001	Шпindelь	1	
М	2		КГГ 7.731610.002	Корпус	1	
М	3		КГГ 7.745110.003	Прокладка	1	
М	4		КГГ 7.745110.004	Прокладка	1	
М	5		КГГ 7.745400.005	Хомут	1	
М	6		КГГ 7.752175.006	Втулка нажимная	1	
М	7		КГГ 7.753100.007	Штуцер	1	
М	8		КГГ 7.753740.008	Ручка	1	
М	9		КГГ 7.758410.009	Гайка нажимная	1	
				Стандартные изделия		
	10			Болт М8х80 ГОСТ 7798-70	1	
	11			Винт М8х16 ГОСТ 17473-80	1	
	12			Гайка М8 ГОСТ 5915-70	1	
	13			Шарик 6 ГОСТ 11371-78	1	
			КГГ 7.491100.103			
Разраб.	Исполн.	Проф.	Вентиль угловой			Лист
Проф.	Исполн.	Проф.	Грзппа			Лист
И. квалитет	И. квалитет	И. квалитет				Лист
И. квалитет	И. квалитет	И. квалитет				Лист

Формат	Зона	Листов	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Материалы		
	14			Лепка ГОСТ 9993-74	0,01 кг.	
			КГГ 7.491100.103			
И. квалитет	И. квалитет	И. квалитет	Вентиль угловой			Лист
И. квалитет	И. квалитет	И. квалитет	Грзппа			Лист

Рис. 13.2

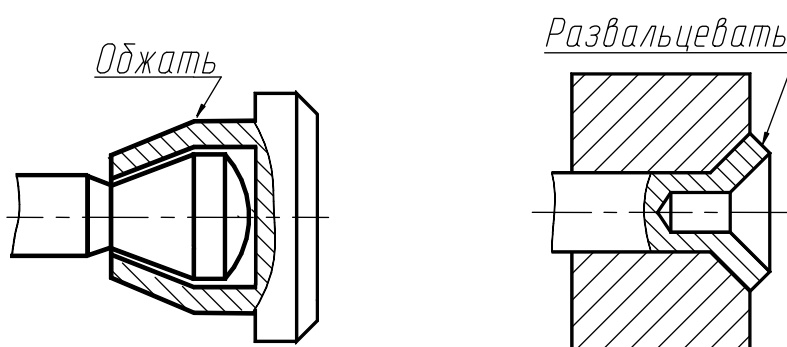


Рис. 13.3

Количество изображений на сборочном чертеже должно быть минимальным, но достаточным для полного представления об устройстве изделия. На сборочном чертеже могут быть указаны данные о работе изделия и о взаимодействии его частей.

Если изделие проецируется в форме симметричной фигуры, рекомендуется соединять половину вида с половиной соответствующего разреза. При выполнении чертежей сложных изделий следует применять дополнительные виды, разрезы и сечения. Изделие на сборочном чертеже изображают в рабочем положении или в том, которое оно занимает в процессе сборки.

При выполнении сборочных чертежей изделий применяется основная надпись по форме 1.

На сборочном чертеже изделия наносят следующие размеры:

- *габаритные* – наибольшие размеры, определяющие высоту, длину и ширину изделия. Если какой-либо из этих размеров имеет переменное значение, то на чертеже наносят два значения данного размера. Высота вентиля, например, имеет два значения: при закрытом положении клапана – минимальное значение и при полностью открытом – максимальное значение;

- *установочные и присоединительные* – размеры, необходимые для правильной установки изделия на месте монтажа или присоединения к другому изделию (диаметры центровых окружностей и отверстий для крепления, размеры присоединительных резьб и т.п.);

- *эксплуатационные* – размеры, указывающие крайние положения движущихся частей изделий, размеры под ключ, размеры отверстий для прохода жидкости и диаметры проходных отверстий вентиля и т. п.;

- *подлежащие выполнению по данному чертежу*. Эти размеры наносят в тех случаях, когда чертеж предусматривает работы в процессе сборки или после ее окончания (совместное сверление и развертывание отверстий под штифты, сверление и нарезание резьбы под винты,

шпильки и другие крепежные изделия, совместное растачивание, шлифование, притирка и т. п.). К размерам, подлежащим выполнению по такому чертежу, относятся, например, размер диаметра отверстия под штифт, которое засверливают на расстоянии l и размер резьбы M на длину l_1 под стопорный винт (рис. 13.4, а). На рабочих чертежах деталей, входящих в изделие, отверстия не изображаются (рис. 13.4, б, в, г).

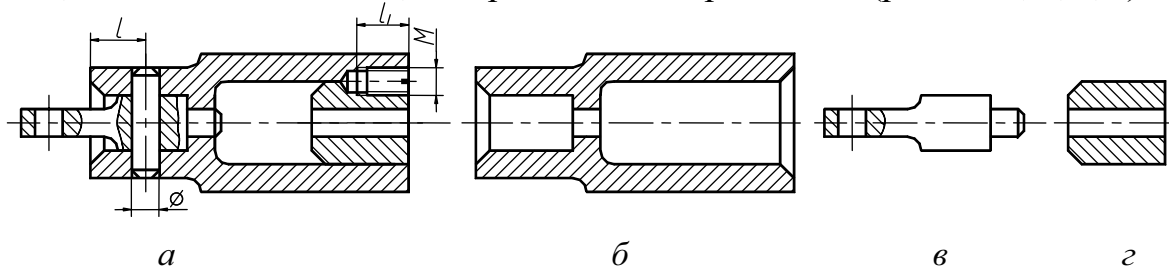


Рис. 13.4

13.2. Составление спецификации

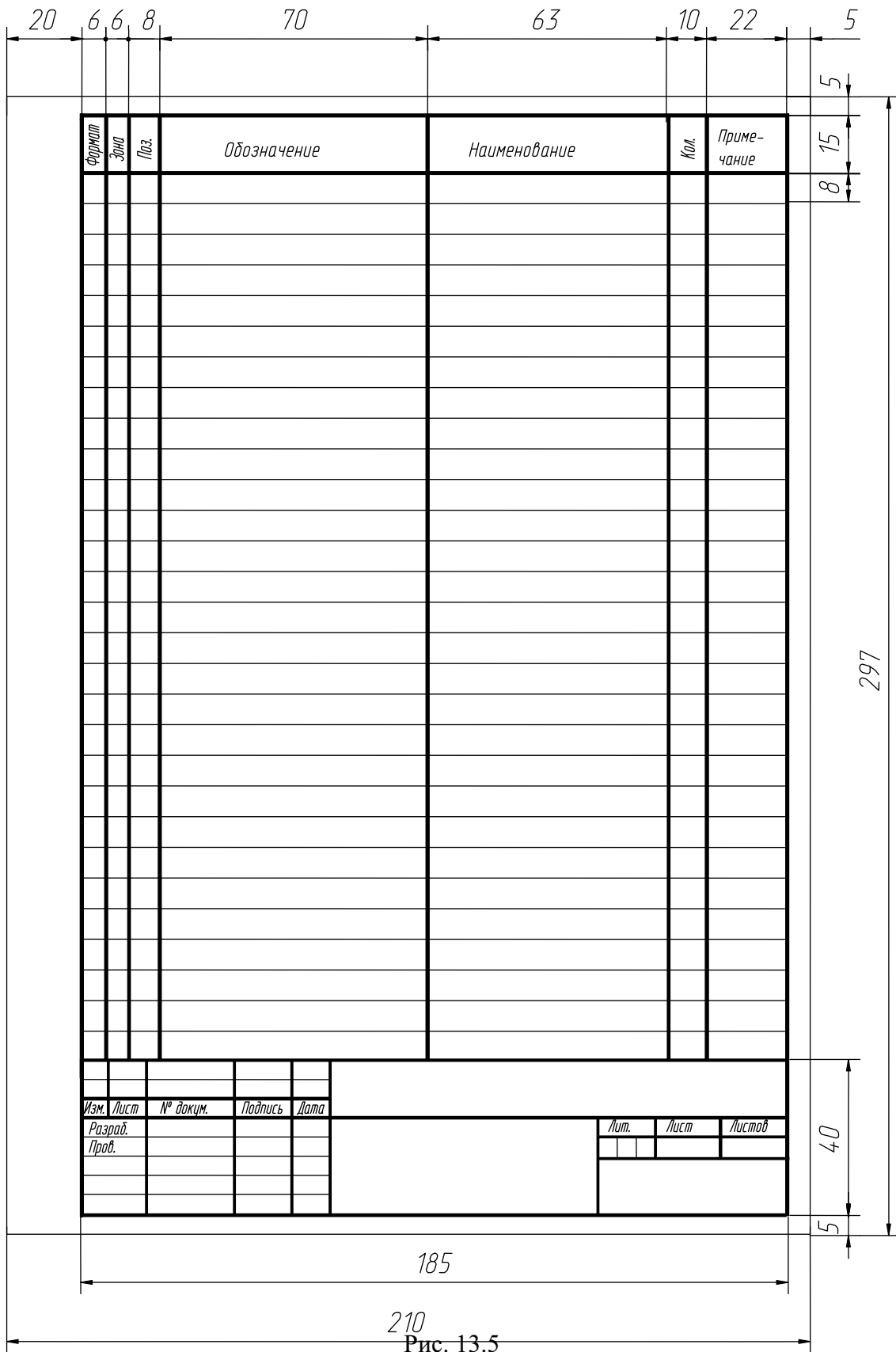
Спецификация – текстовый конструкторский документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Она является главным документом для изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство указанных изделий. Форму и порядок заполнения спецификации устанавливает стандарт.

Спецификацию составляют на отдельных листах формата А4 по форме, изображенной на рис. 13.5.

Спецификация содержит основную надпись, выполненную по форме 2, рис. 13.6.

Если спецификацию помещают на нескольких листах, то для последующих листов основная надпись должна быть выполнена по форме 2а (рис. 13.7).

Спецификация состоит из разделов, которые располагают в такой 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 тонкой линией. Ниже каждого заголовка оставляют свободную строку, а в конце каждого раздела – не менее одной строки для возможных дополнительных записей.



210
Рис. 13.5

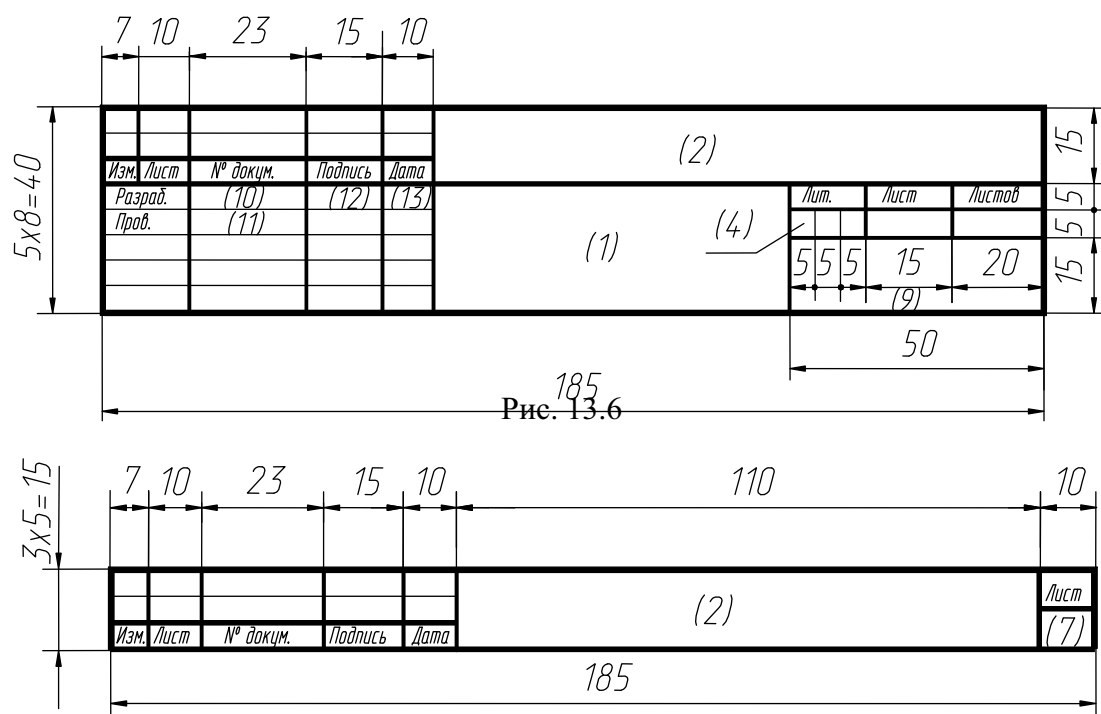


Рис. 13.7

Графы спецификации заполняются следующим образом.

В графе «*Формат*» указывают форматы документов, обозначение которых указывается в графе «*Обозначение*». Если чертеж выполнен на нескольких листах различного формата, то в графе ставят звездочку. В этом случае в графе «*Примечание*» перечисляют все форматы в порядке их увеличения. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывают «БЧ» (без чертежа).

В графе «*Зона*» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции составной части (при разбивке поля чертежа на зоны).

В графе «*Поз.*» (позиция) указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие.

В графе «*Обозначение*» в разделе «*Документация*» указывают обозначение записываемых документов, в разделах «*Комплексы*», «*Сборочные единицы*», «*Детали*», «*Комплекты*» - обозначения основных конструкторских документов. В разделах «*Стандартные изделия*», «*Прочие изделия*» и «*Материалы*» эту графу не заполняют.

В графе «*Наименование*» указывают наименование изделия в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах (чертежах) этих изделий. Если деталь выполнена из сортового материала и для её изготовления не требуется рабочий чертеж, то в графе «*Наименование*» указывают наименование, материал и размеры, необходимые для её выполнения, например:

$$\text{Уголок} \frac{100 \times 63 \times 8 \text{ ГОСТ } 8510 - 86}{\text{Ст3 ГОСТ } 380 - 94}$$

В разделе «*Документация*» указывают наименование документов, например: «*Сборочный чертеж*», «*Технические условия*».

В разделе «*Сборочные единицы*» перечисляют сборочные единицы, входящие в специфицируемое изделие.

В разделе «*Детали*» записывают детали, непосредственно входящие в изделие, то есть те, которые не входят в состав перечисленных выше сборочных единиц. Запись сборочных единиц и деталей производят в алфавитном порядке начальных знаков (букв) индексов организаций-разработчиков и далее в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение.

В наименованиях, состоящих из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «*Колесо зубчатое*».

В разделе «*Стандартные изделия*» в графе «*Наименование*» записывают изделия, применяемые по межгосударственным, государственным, отраслевым стандартам и стандартам предприятий (для изделий вспомогательного производства). В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам изделий, которые объединяют по функциональному назначению (подшипники качения, крепежные изделия и т.п.). В пределах каждой группы изделия записывают в алфавитном порядке наименований (например, болты, винты, гайки, шпильки, шпильки), в пределах каждого наименования - в порядке возрастания обозначений стандартов. В пределах каждого обозначения запись ведут в порядке возрастания основных параметров или размеров, например, диаметра, длины.

В разделе «*Прочие изделия*» записывают наименования и условные обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием обозначений этих документов.

В разделе «*Материалы*» записывают обозначения материалов.

В графе «*Кол.*» (количество) указывают количество составных частей (деталей) изделия.

В графе «*Примечание*» указывают дополнительные сведения для планирования и организации производства, а также другие сведения, относящиеся к записанным в спецификацию изделиям, например: *Масса для деталей, выпущенных без чертежей*.

В разделах «*Стандартные изделия*» и «*Материалы*» записывают наименования и обозначения в соответствии со стандартами на них. Допускается применять запись типа:

Болт М8×80 ГОСТ 7798-80,

где М8 – метрическая резьба с крупным шагом и номинальным диаметром 8 мм; 80- рабочая длина болта в мм; ГОСТ 7798-80 – номер стандарта на болт с шестигранной головкой, нормальной точности, исполнения 1.

На рис. 13.2 приведена спецификация для сборочного чертежа, изображенного на рис. 13.1 «Вентиль угловой».

При выполнении сборочных единиц на формате А4 допускается совмещать спецификацию со сборочным чертежом. Форма спецификации и порядок её заполнения остаются такими же, но основная надпись выполняется по форме 1.

13.3. Нанесение номеров позиций

На чертеже составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации. Поэтому спецификацию составляют перед нанесением номеров позиций на сборочном чертеже.

Номера позиций наносят на горизонтальных полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Их указывают на тех изображениях, на которых соответствующие составные части проецируются как видимые. Как правило, это основные виды или разрезы. Номер позиции наносят на чертеже один раз.

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два размера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже (не менее 7 мм).

Допускается выполнять общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления (рис. 13.8), и для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключающей различное понимание, при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части изделия (рис. 13.9). В этих случаях линию-выноску отводят от изображения закрепляемой составной части, номер позиции которой указывают первым.

Линии-выноски проводят так, чтобы они не пересекались между собой, не были параллельны линиям штриховки и по возможности не пересекали изображения других составных частей и линий чертежа.

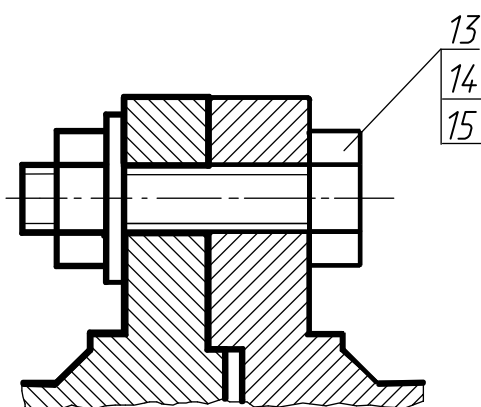


Рис. 13.8

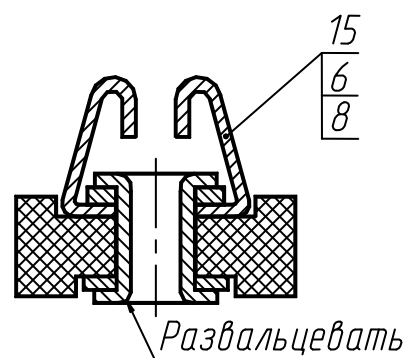


Рис. 13.9

13.4. Дополнительные сведения о сборочных чертежах

Если сборочная единица представляет собой предварительно изготовленную деталь (арматуру) из металла или сплава, поверхность которой (частично или полностью) заливают или опрессовывают пластмассой, резиной и другими материалами, то такие сборочные единицы называют *армированными изделиями* (рис. 13.10). Каждое армированное изделие состоит из арматуры и оформившегося в пресс-форме материала-заполнителя.

Так как армированное изделие является сборочной единицей, конструкторская документация на это изделие должна состоять из сборочного чертежа и спецификации, во многих случаях выполненных на одном листе. На чертежах армированных деталей указывают размеры поверхностей под наплавку, заливку и т.п., размеры окончательно готового изделия, данные о материале и другие данные. Материал, наносимый на армирующую деталь, записывают в спецификации в раздел «*Материалы*». На армирующую деталь разрабатывают специальный чертеж.

В целях сокращения объема конструкторской документации допускается не выполнять отдельно чертеж армирующей детали. В этом случае сборочный чертеж оформляют так, чтобы для изготовления армирующей детали не требовался специальный чертеж (рис. 13.10). Все размеры помещают на сборочном чертеже.

Чертеж сварной сборочной единицы (рис. 13.11) содержит минимальное, но достаточное количество изображений, по которым можно ясно понять взаимное расположение всех деталей. Кроме того, чертеж сварной сборочной единицы может иметь дополнительные изображения в виде сечений, на которых указывают радиусы сгиба, размеры деталей после гибки, развертки деталей для уточнения формы неясных элементов.

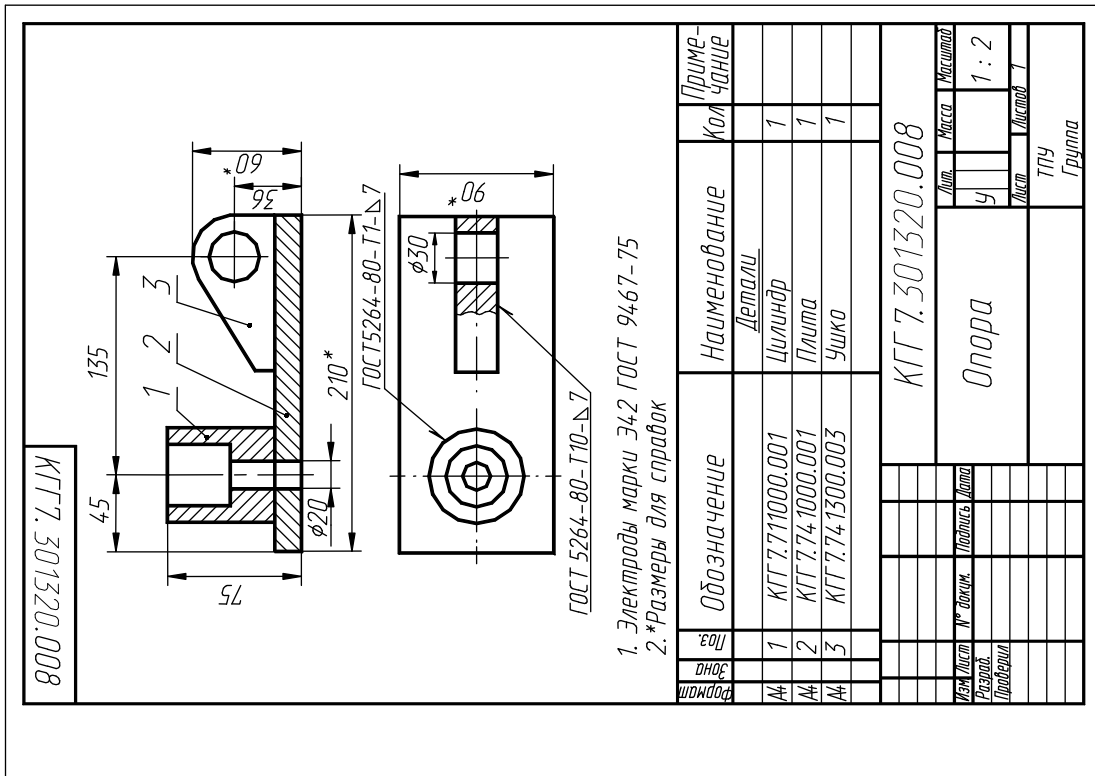


Рис. 13.11

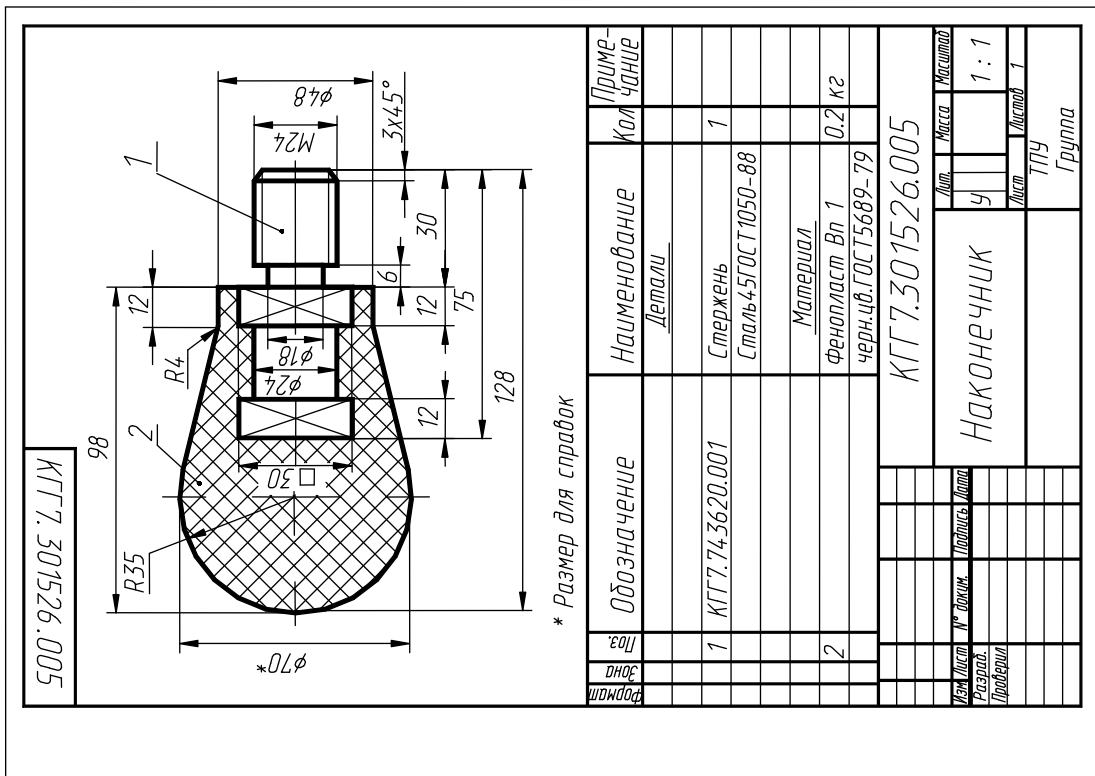


Рис. 13.10

При выполнении чертежа сварной сборочной единицы предварительно выполняют рабочие чертежи деталей, входящих в ее состав. Допускается не изготавливать рабочие чертежи на детали, изготовленные из сортового или фасонного проката. В этом случае деталь изготавливается непосредственно по сборочному чертежу.

Для обеспечения необходимой точности взаимного расположения отверстий в цилиндре 1 и ушке 3 эти отверстия выполняют по сборочному чертежу после сварки деталей (рис. 13.11).

Конструктивные особенности деталей

Следует отметить, что при изготовлении деталей необходимо учитывать технологические особенности сборочных процессов.

Если деталь (втулки на рис. 13.12, *а* или вал на рис. 13.12, *б*) при сборке вставляется в соответствующее отверстие, то на торце детали и в отверстии должны быть фаски. Эти фаски облегчают процесс сборки.

На ступенчатых валах и осях в месте перехода от одной ступени вала (с меньшим диаметром) к другой его ступени (с большим диаметром) обычно выполняется галтель (скругление), которая повышает прочность вала (рис. 13.12, *б*). Если в сборке галтель располагается внутри отверстия, то величина фаски в отверстии выбирается такой, чтобы поверхность галтели не касалась поверхности фаски.

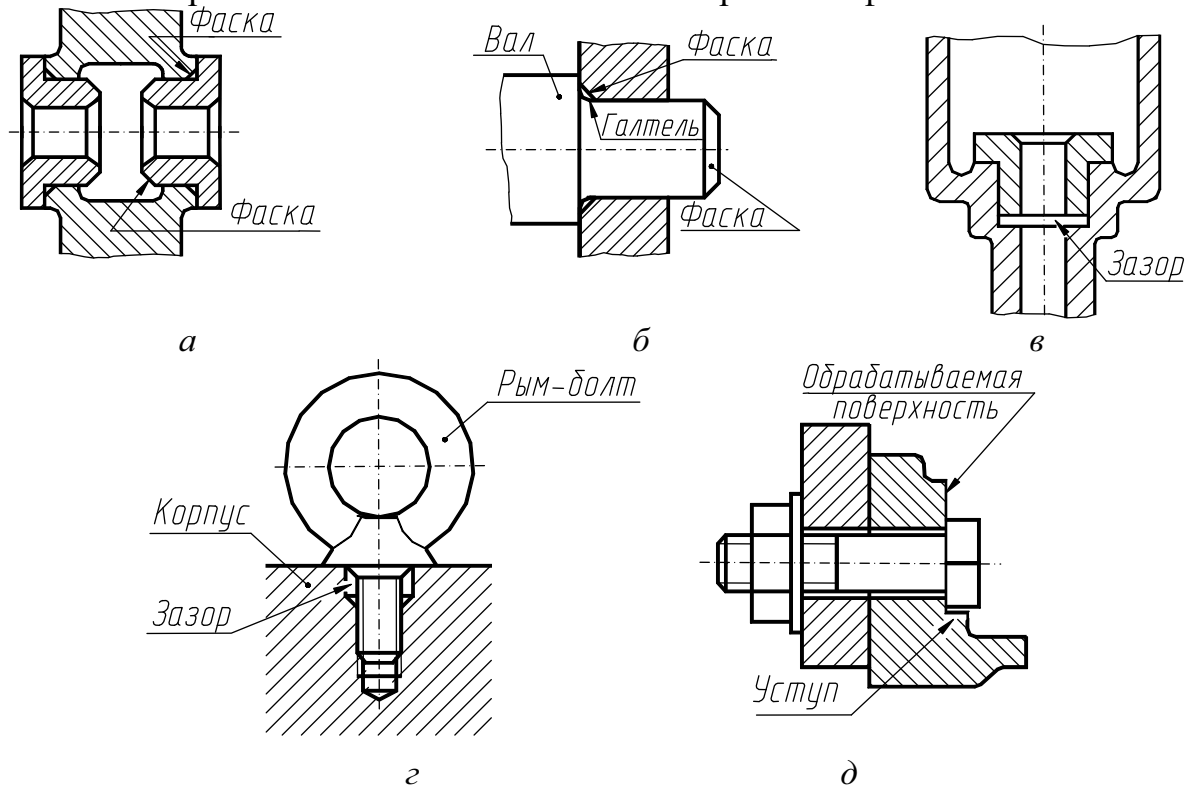


Рис. 13.12

Во избежание перекоса и для обеспечения точности центрирования соединения двух деталей одна из них должна упираться в единственную, заранее выбранную поверхность другой детали. Это гарантируется, если предусмотреть зазор, исключая соприкосновение деталей по какой-либо другой поверхности (рис. 13.12, в).

Для того чтобы недорез резьбы рым-болта (рис. 13.12, з) не препятствовал завертыванию его до упора в корпус, часть отверстия в корпусе выполняют без резьбы, чем обеспечивается свободный вход недореза резьбы рым-болта в корпус.

При обработке плоскости, на которой располагается головка болта, следует оставлять уступ, в который должна упираться головка болта. Это предупредит поворот болта при его затяжке гайкой (рис. 13.12, д).

13.5. Уплотнительные устройства

Места соединения деталей, находящихся под воздействием избыточного давления какой-либо среды, должны быть уплотнены (герметизированы). Назначение уплотнительных устройств – препятствовать проникновению через зазоры между частями изделия пыли, грязи, жидкости, пара, газов, масла т. п. Для создания герметичности при уплотнении отверстий, через которые проходят движущиеся части механизмов – валы, штоки, тяги и т.п., применяют сальниковые уплотнительные устройства. В зависимости от условий (давления, температуры, воздействия кислот, щелочей, бензина) уплотнения изготавливают путем выреза или штамповкой из соответствующего материала. В качестве такого материала могут служить техническая листовая резина, технический войлок, паронит, фторопласт.

Широко применяют стандартные уплотнения, изготовленные в виде манжет и колец различного сечения, закладываемых в соответствующие пазы или проточки также стандартных размеров. На рис. 13.13 приведен пример установки защитного фетрового кольца прямоугольного сечения.

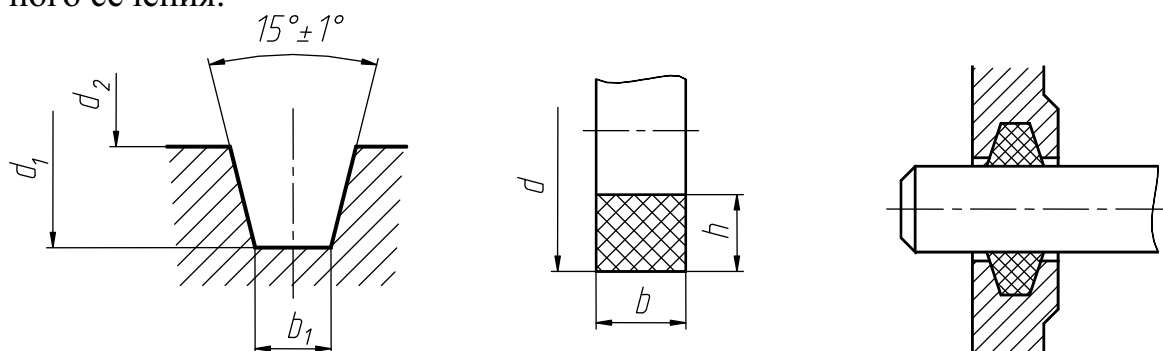


Рис. 13.13

В клапанах, задвижках, насосах применяют сальниковые устройства. Обычно они состоят из втулки, мягкой набивки и накидной гайки (рис. 13.14). При затягивании гайки втулка опускается и сжимает набивку. Конические поверхности втулки и крышки, между которыми находится набивка, при сжатии плотно прижимают ее к поверхности шпинделя, обеспечивая достаточную герметичность соединения.

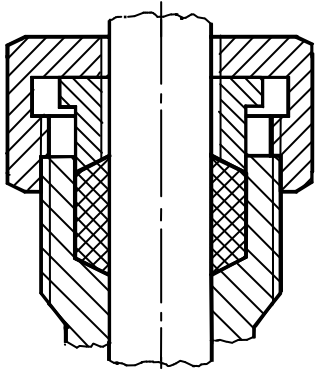


Рис. 13.14

В качестве сальников используют набивку из шнуров, изготовленных из хлопчатобумажной, льняной, джутовой, пеньковой и асбестовой пряжи, а также специальные войлочные и асбестовые кольца. Сальниковую набивку и кольца пропитывают густым техническим жиром или графитовым порошком.

На рис. 13.15, *а* показано сальниковое устройство, в котором набивка сжимается при помощи резьбовой втулки. Благодаря сжатию при завинчивании втулки достигается плотное прилегание набивки к шпинделю и крышке.

На рис. 13.15, *б* показаны различные наиболее часто встречающиеся крепления клапана на шпинделе, обеспечивающие плотное прилегание клапана к седлу.

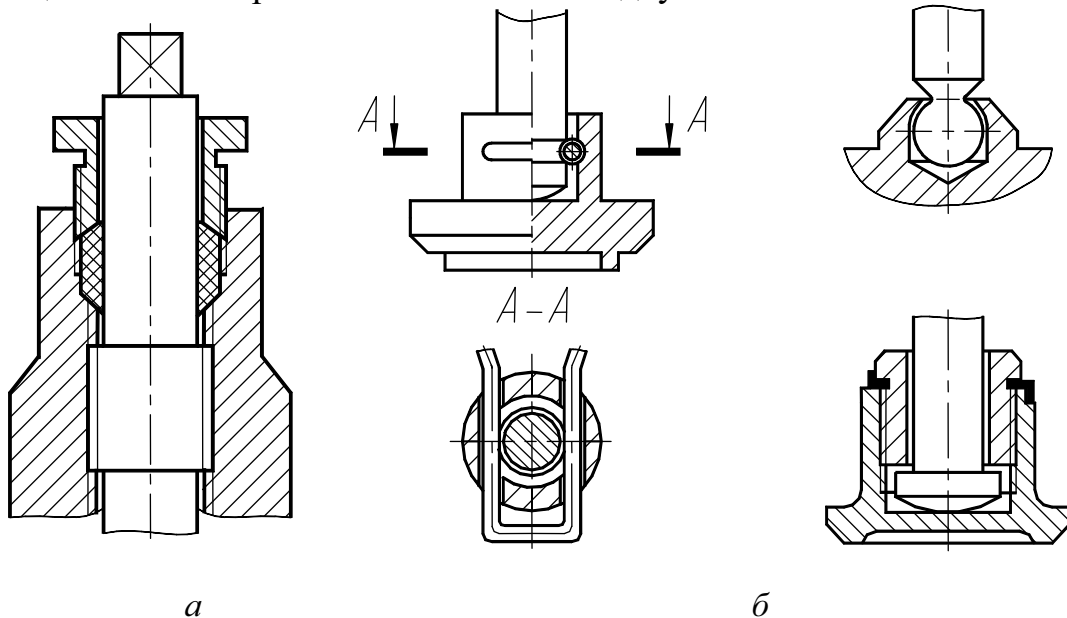


Рис. 13.15

13.6. Условности и упрощения

Сборочный чертеж допускается выполнять с упрощениями в соответствии с требованиями стандартов. На сборочном чертеже можно не показывать:

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и другие мелкие элементы;
- зазоры между стержнем и отверстием;
- крышки, щиты, кожухи, перегородки и т.п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: «Крышка не показана»;
- надписи на табличках, фирменных планках, шкалах, а также другие маркировочные данные и надписи на изделии, изображая только контур таблички, планки и т.п.;
- маховички вентиля и задвижек, рукоятки и другие съемные детали. В этом случае над изображением делают надпись, например: «Рукоятка снята».

Вентили на сборочном чертеже изображаются в закрытом состоянии, а краны – открытыми.

При выполнении сборочного чертежа необходимо помнить о следующих условностях:

- при выполнении разрезов и сечений разные металлические детали заштриховывают на одном и том же изображении в разных направлениях и с разными расстояниями между линиями штриховки;
- направление штриховки и интервалы между линиями штриховки для одной и той же детали на всех изображениях должны быть одинаковыми;

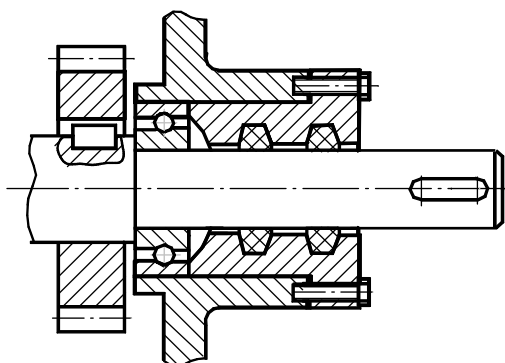


Рис. 13.16

- детали и материалы неметаллические (кожа, резина, фетр, паронит, асбест-шнур и пр.) заштриховывают в клетку под углом 45° ;

- тонкие детали, попадающие в секущую плоскость, зачерняют, если их толщина на чертеже менее двух мм;

- в продольных разрезах показывают нерассеченными сплошные детали, имеющие цилиндрическую или коническую форму: валы, оси, штифты, болты, шпильки, винты, заклепки, ролики и пр., а также шарики и шпонки

(рис. 13.16);

- обычно нерассеченными показывают стандартные гайки, шайбы. Показывают нерассеченными такие элементы, как тонкие стенки (ребра жёсткости), зубцы зубчатых колес и звездочек, спицы маховиков, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны элемента;

- условно изображают и обозначают резьбы и резьбовые соединения;

- в случае наличия на детали одинаковых элементов изображают один-два таких элемента, а другие показывают условно или совсем не показывают (шлицы, зубья, отверстия, крепежные детали и пр.);

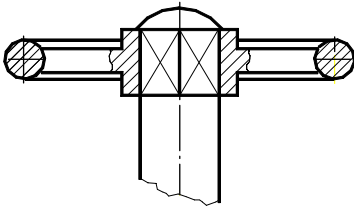


Рис. 13.17

- плоские поверхности детали выделяют на чертеже тонкими пересекающимися линиями – диагоналями (рис. 13.17);

- условно изображают пружины – вычерчиваются не все витки и на разрезах допускается изображать пружину одними сечениями витков. Часть изделия, расположенную за пружиной, изображенной в разрезе, вычерчивают условно только до осевых линий сечений витков (считают часть изделия, расположенную за пружиной как бы невидимой) (рис. 13.18);

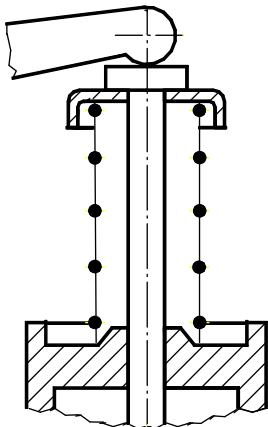


Рис. 13.18

- конец сверленного и резьбового отверстий показывают упрощенно без конического конца отверстия;

- допускается изображать в разрезе отверстия, расположенные на цилиндрическом фланце, если они не попадают в секущую плоскость;

- если между сопряженными деталями существует небольшой зазор, то его можно не изображать;

- условно изображают и обозначают зубчатые колеса и зубчатые зацепления;

- втулку сальникового устройства, служащего для предохранения от проникновения рабочего вещества (жидкости или газа) через неплотности в соединяемых деталях, изображают в крайнем верхнем положении (рис. 13.14);

- условно изображают подшипники качения в осевых разрезах и сечениях.

Контурные очертания предметов допускается упрощать, не изображая мелких выступов, впадин и т. п.

Рассмотрим использование различных условностей и упрощений при выполнении сборочного чертежа (рис. 13.19).

Как отмечалось, на сборочных чертежах можно не указывать: фаски (поз. 6 и 9), скругления (поз. 3), проточки, углубления, выступы, рифления, и другие мелкие элементы, а также зазоры между стержнем и отверстием (поз. 8).

Если на чертеже общего вида необходимо изображать профиль нестандартной резьбы (поз. 1), то на сборочном чертеже этого не делают.

Недорез резьбы и коническую часть глухого отверстия можно не изображать (поз. 5).

Сварное, паяное, клееное и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют как монолитное тело (в одну сторону), вычерчивая границы между деталями сплошными основными линиями (поз. 2).

При изображении пружин в разрезе следует изображать только сечения витков. Если число витков пружины более четырех, то с каждого конца пружины показывают только 1 – 2 витка, не считая опорных. Остальные витки не изображают, а проводят только осевые линии через центры сечений витков по всей длине пружины (поз. 4). Если диаметр проволоки или толщина сечений материала на чертеже 2 мм и менее, то пружину изображают сплошной основной линией (поз. 7).

Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной сечениями витков, изображают только до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков (поз. 11).

Стандартные, типовые, покупные изделия и другие, широко применяемые изделия на разрезах изображают внешними очертаниями (поз. 7).

Аналогично изображают составные части изделия, на которые выполнены самостоятельные сборочные чертежи.

Если предмет, изображенный на сборочном чертеже, имеет ряд однотипных соединений, то крепежные детали, входящие в эти соединения показывают условно или упрощенно в одном – двух местах каждого соединения, а в остальных – центровыми или осевыми линиями (поз. 10).

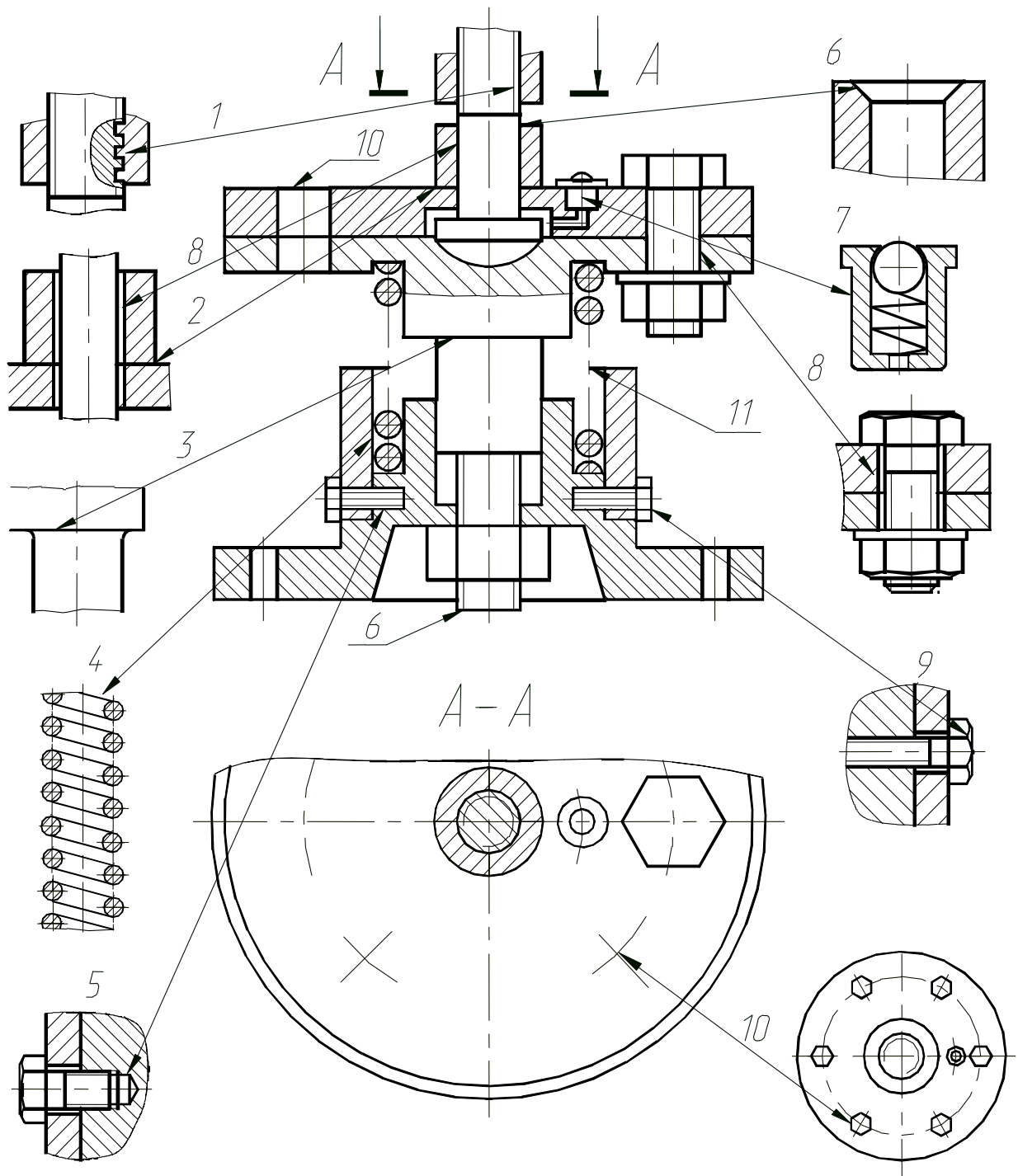


Рис. 13.19

13.7. Понятие о чертеже общего вида

Для создания новых изделий необходима последовательная разработка ряда чертежей и других конструкторских документов. Конструкторская документация подразделяется на проектную (техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект) и рабочую (чертежи деталей, сборочные чертежи, спецификации и т.д.).

При изучении курса «Начертательная геометрия. Инженерная графика» студенты по чертежу общего вида изделия выполняют рабочие чертежи деталей, которые входят в это изделие.

Чертеж общего вида (рис. 13.20) – документ, который определяет конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняет принцип работы изделия.

Чертеж общего вида выполняется так, чтобы по нему можно было разработать все чертежи деталей и сборочных единиц без дополнительных разъяснений, т.е. он должен содержать изображения изделий с их видами, разрезами, сечениями, текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, а также данные о его составе. Допускается помещать на чертеже техническую характеристику изделия и пояснительные надписи, помогающие уяснению устройства и принципа действия изделия.

Если сравнить чертеж общего вида изделия (рис. 13.20) со сборочным чертежом этого изделия (рис. 13.1), то видно, что сборочный чертеж разработан не так подробно, и по нему не всегда возможно полностью выявить форму и размеры каждой детали, так как все детали и сборочные единицы поступают на сборку в готовом виде.

Наименование и обозначения составных частей изделий на чертеже общего вида указывается на полках линий-выносок или в таблице, располагаемой на чертеже общего вида изделия. Таблица может быть выполнена на отдельных листах формата А4 (рис. 13.21). При этом на полках линий-выносок указываются номера позиций составных частей, включенных в таблицу. В общем случае таблица состоит из граф: «Поз.», «Обозначение», «Наименование», «Кол.», «Материалы», «Дополнительные указания». Запись составных частей в таблицу рекомендуется производить в следующем порядке: заимствованные изделия, покупные изделия, вновь разработанные изделия.

13.8. Последовательность этапов детализирования

Детализированием называется процесс разработки (выполнения) чертежей деталей по чертежу общего вида.

Задание на детализирование состоит из чертежа общего вида и описания принципа работы изделия.

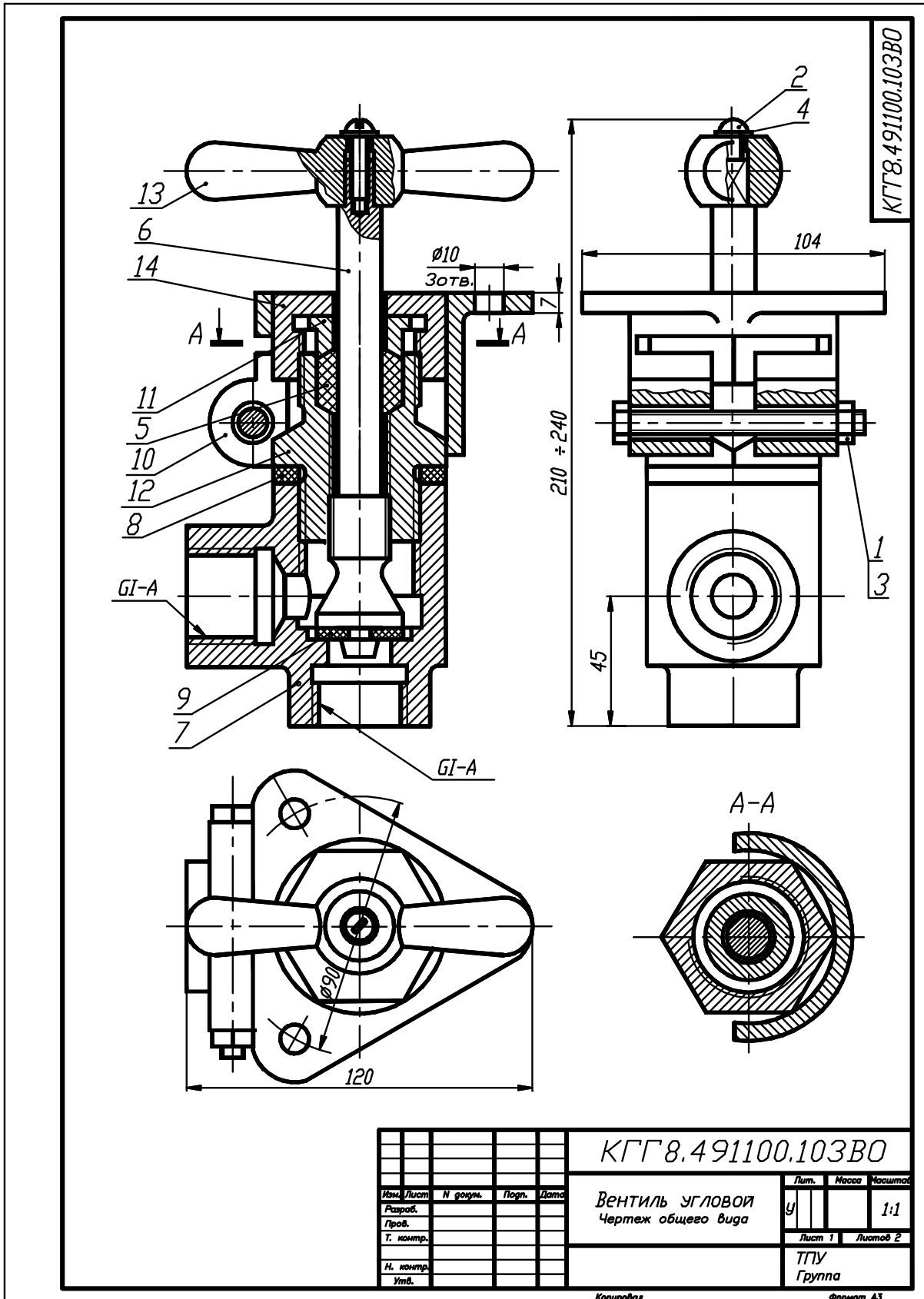


Рис. 13.20

Поз.	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ.	Материал	Доп. указ.
	<u>Покупные изделия</u>				
1		Болт М8х80 ГОСТ 7798-70	1	Сталь 45	
2		Винт М6х16 ГОСТ 17473-80	1	Сталь 45	
3		Гайка М8 ГОСТ 5915-70	1	Сталь 45	
4		Шайба 6 ГОСТ 11371-78	1	Ст3	
5		Пенька ГОСТ 9993-78			0,011 кг.
	<u>Вновь разработанные изделия</u>				
6	КГГ8.715000.001	Шпindelь	1	Сталь 20	
7	КГГ8.731610.002	Корпус	1	Ст3	
8	КГГ8.745110.003	Прокладка	1	Паронит МОН	
9	КГГ8.745110.004	Прокладка	1	Резина ЭМБ-А-С	
10	КГГ8.745400.005	Хомут	1	КЧ 33-8	
11	КГГ8.752175.006	Втулка нажимная	1	Ст3	
12	КГГ8.753100.007	Штуцер	1	Ст3	
13	КГГ8.753740.008	Рыкоятка	1	Ст3	
14	КГГ8.758410.009	Гайка накидная	1	Ст3	
КГГ8.491100.103В0					Лист 2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФОРМАТ А4

Рис. 13.21

Работу целесообразно выполнять в два этапа:

- 1 – подготовительная работа;
- 2 – выполнение заданий на чертежной бумаге.

В подготовительную работу входит:

- чтение чертежа общего вида;
- выбор главного изображения и его расположения относительно основной надписи для каждой из заданных деталей;
- выбор числа и характера изображений (виды, разрезы, сечения, выносные элементы);
- выбор величины изображения (масштаба) и формата бумаги.

При чтении чертежа необходимо:

- по наименованию, описанию и изображениям сборочной единицы уяснить ее назначение, устройство и принцип действия;
- по таблице составных частей и номерам позиций отыскать каждую деталь на всех изображениях сборочной единицы;
- установить назначение каждой детали, взаимодействие и способы соединения деталей друг с другом;
- мысленно разделить каждую деталь на составляющие элементы; определить назначение каждого элемента и его геометрическую форму;
- установить у всех деталей и их элементов рабочие (сопрягаемые и прилегающие) и нерабочие (свободные) поверхности;
- установить, к какой группе относится каждая деталь (оригинальная, стандартная или типовая);
- прочитать размеры на чертеже, определить, к какой группе они относятся (габаритные, присоединительные, установочные и т.д.);
- определить порядок сборки и разборки изделия.

Чертежи деталей должны соответствовать их конструктивному назначению. Они должны быть выполнены наиболее просто, то есть в минимальном, но достаточном количестве изображений по всем правилам выполнения рабочего чертежа детали. При выборе главного вида и других изображений *не следует копировать* расположение и количество видов с чертежа общего вида. Если деталь имеет сложную конструкцию, то иногда следует увеличить количество изображений – дать дополнительные сечения, местные виды и др.

Если нет особых условий, то за главное изображение принимается положение, соответствующее положению детали на том технологиче-

ском оборудовании, на котором, как вы предполагаете, обрабатывается большинство поверхностей.

Главный вид детали может не совпадать с видом этой же детали на главном виде сборочного чертежа и чертежа общего вида, где вид выбирается в зависимости от его основного назначения и требований к главному виду всего изделия.

При выполнении чертежей крышек (рис. 13.22) за главное изображение принимают фронтальный разрез. Для выявления расположения отверстий в первой крышке (рис. 13.22, а) изображать вид слева нет необходимости, так как отверстия располагаются равномерно по окружности. При нанесении размеров отверстий указывается их количество. В другой крышке (рис. 13.22, б) вид слева необходим для определения взаимного расположения отверстий, расположенных на разных элементах крышки.

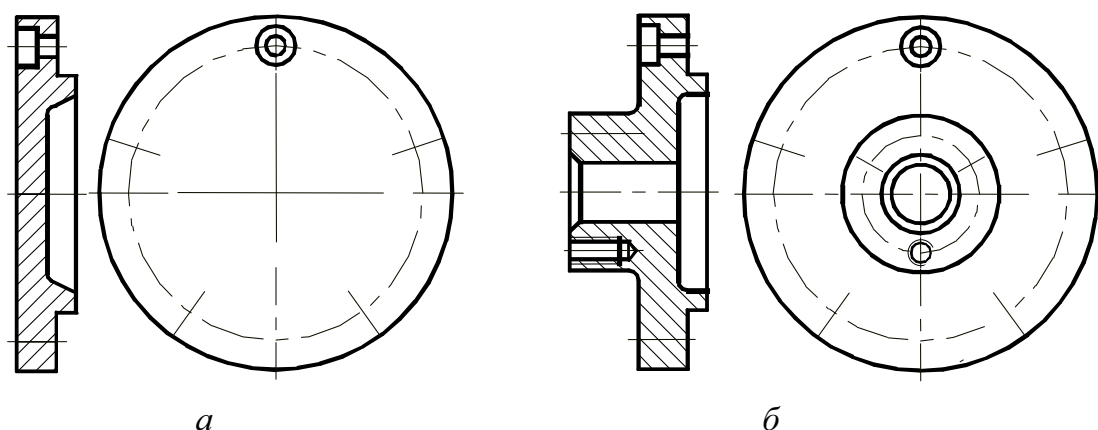


Рис. 13.22

Детали удлиненной формы (рычаги, рукоятки, тяги и др.), детали, обрабатываемые на токарном станке (оси, валы, винты, болты, втулки), и всевозможные детали вращения (маховики, шкивы, колеса, шестерни) следует изображать с продольной осью, расположенной горизонтально независимо от того, как они располагаются в изделии.

Детали, ограниченные поверхностями вращения разного диаметра, обычно располагают на станке так, что участки с большими диаметрами находятся левее участков с меньшими диаметрами. Аналогично располагают на чертеже и главное изображение.

Выполнение задания на чертежной бумаге рекомендуется начинать с выбора масштаба изображения и формата, на котором будет выполнен чертеж детали.

На рис. 13.23 – 13.25 приведены примеры чертежей некоторых деталей, входящих в состав изделия, изображенного на рис. 13.20.

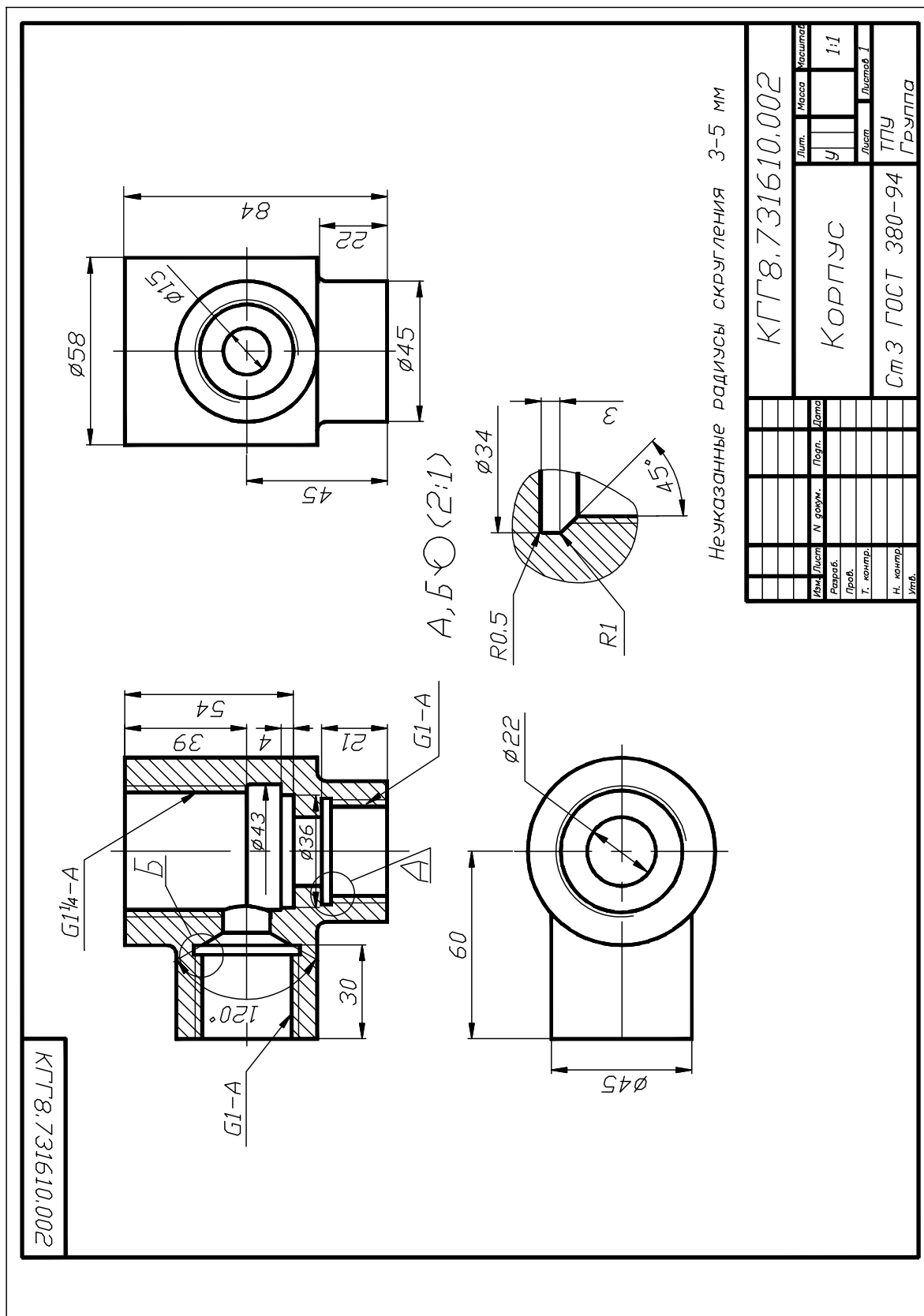


Рис. 13.23

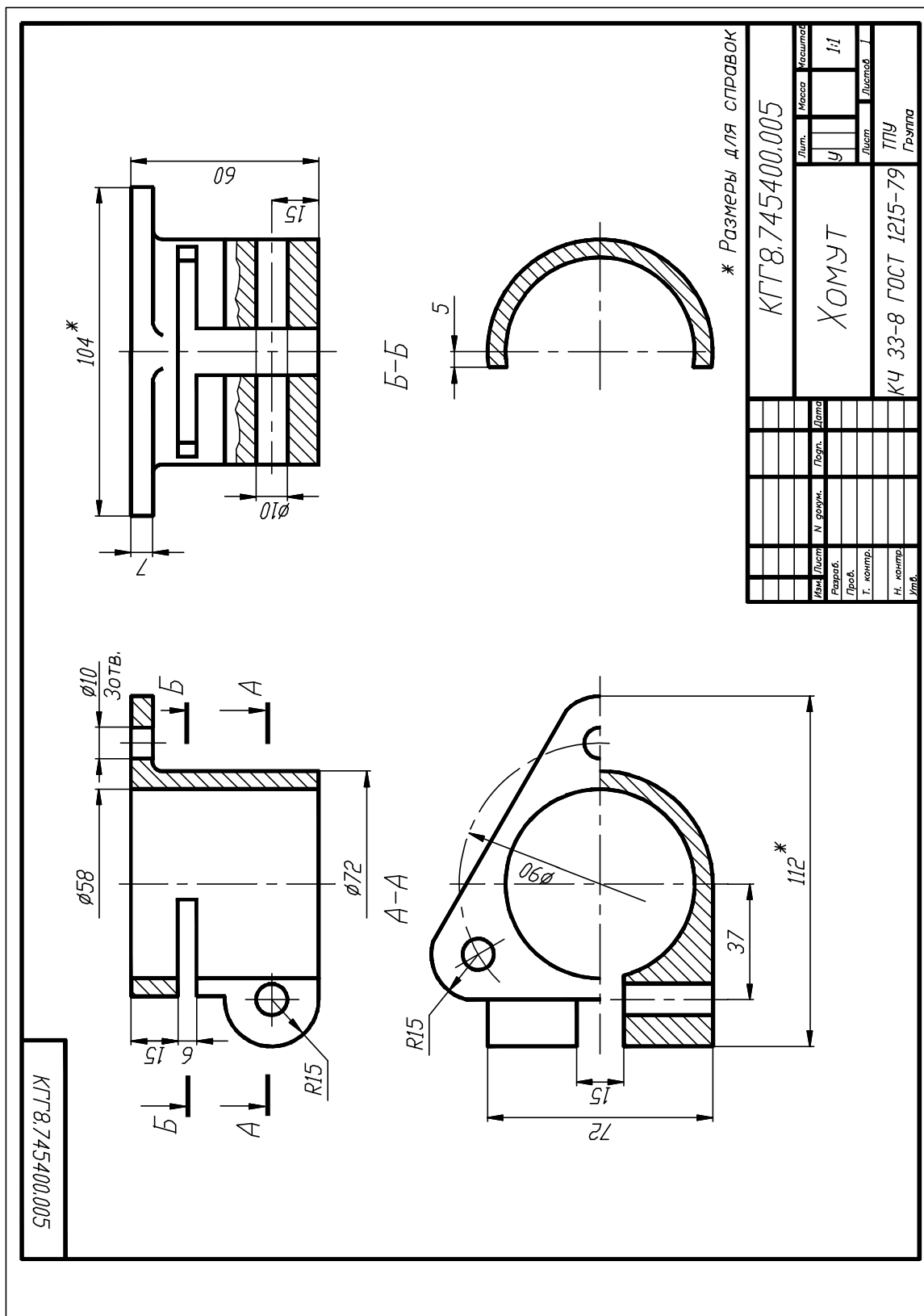


Рис. 13.24

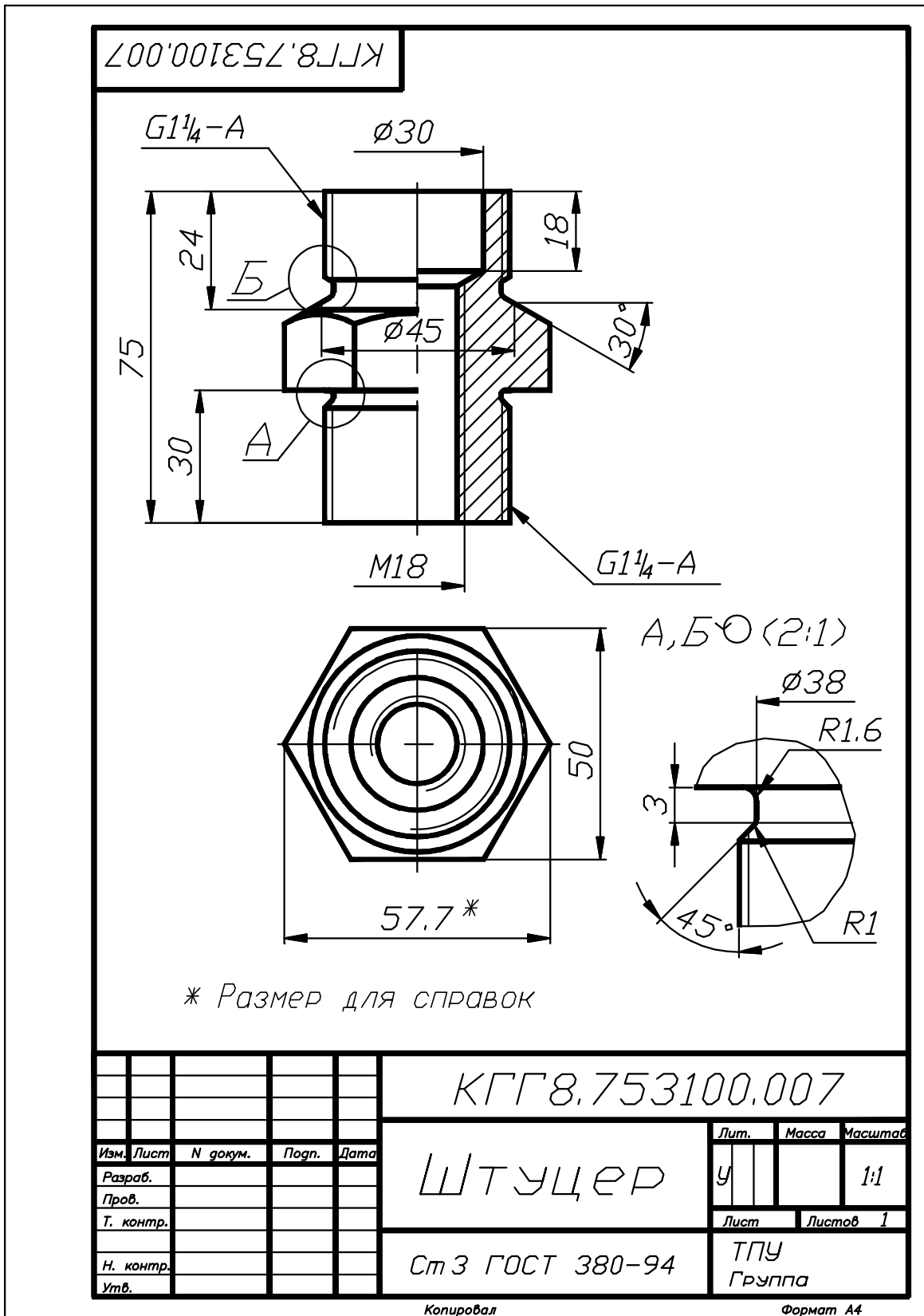


Рис. 13.25

При выборе формата чертежа следует продумать, сколько изображений будет иметь деталь и в каком масштабе будут они выполнены. Самым желательным для изображения деталей является масштаб 1:1 (натуральная величина), но поскольку в состав сборочной единицы могут входить как крупные, так и мелкие детали, то обычно для разных деталей приходится пользоваться разными масштабами, как уменьшения, так и увеличения.

Чертежи каждой детали выполняются на отдельных листах или на двух и более листах с указанием на каждом порядкового номера, а на первом листе – общего количества листов. В этом случае на первом листе выполняют основную надпись по форме 1 (рис. 7.2), а на последующих – по форме 2а (рис. 13.6).

Главное изображение изделия вычерчивают на первом листе. У обозначения видов, разрезов и сечений, выполненных на других листах, в соответствии с ГОСТ 2.316-68 указывают номера листов, на которых эти изображения помещены (рис. 13.26, *а*). Над самими изображениями видов, разрезов и сечений рядом с их обозначениями указывают номера листов, на которых эти изображения отмечены (рис. 13.26, *б*).

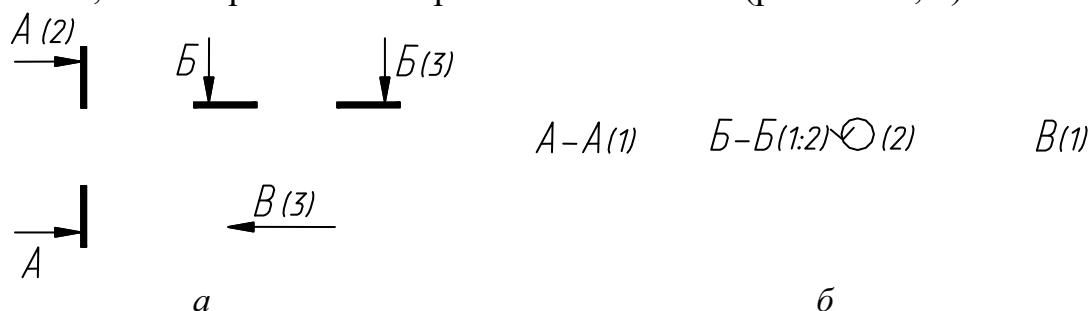


Рис. 13.26

Прежде чем приступить к выполнению чертежей на формате, рекомендуется набросать основные их очертания на клетчатой бумаге в виде эскиза. При выяснении формы детали следует изучать её по всем имеющимся изображениям чертежа общего вида, помня, что одна и та же деталь, попадающая в разрезы и сечения, имеет одинаковую штриховку (по направлению и интервалу) на всех изображениях. После этого можно приступить к выполнению чертежа детали в тонких линиях.

При вычерчивании детали на формате необходимо равномерно распределить изображения по всей площади листа, учитывая место, отведенное для вычерчивания выносных и размерных линий. Тщательно выверить правильность выполнения чертежа, после чего приступить к окончательной обводке. Основные линии чертежа обводят толщиной $s=0,8 \dots 1,0$ мм. Все остальные линии: осевые, выносные, размерные, штриховки и т.д., имеющие толщину $s/3$, не обводят, их сразу наносят соответствующей толщины и яркости.

При окончательной обводке следует начинать с циркульных и лемкальных кривых одинаковой толщины, затем горизонтальные, вертикальные и наклонные одинакового направления.

На чертежах деталей надо нанести все необходимые размеры и увязать сопряженные размеры, чтобы обеспечить правильное соединение деталей при сборке. Каждая пара взаимосопряженных поверхностей должна иметь равные размеры.

После обводки и нанесения размерных чисел, делают надписи и заполняют основную надпись. Наименование изделия в основной надписи записывают в именительном падеже и единственном числе, начиная с существительного, например «Колесо зубчатое».

Вопросы для самоконтроля

1. Какие чертежи называют сборочными?
2. Какие требования предъявляют к сборочным чертежам?
3. Как следует изображать болты, гайки, шпонки, стержни, заклепки, сплошные валы, шарики и т. п. детали на сборочных чертежах при выполнении продольных разрезов?
4. В каком положении изображаются на сборочных чертежах краны трубопровода?
5. Как выполняется штриховка сечений смежных деталей?
6. Как изображаются пружины на сборочных чертежах?
7. Какие размеры принято наносить на сборочном чертеже?
8. Какое назначение имеет спецификация? В каком порядке ее заполняют?
9. В каком порядке наносятся номера позиций составных частей изделия на сборочном чертеже?
10. Как записываются в спецификации стандартные изделия (болты, гайки, шпильки и т. п.)?
11. Каковы особенности чертежей сварных сборочных единиц?
12. Каковы особенности чертежей армированных изделий?
13. Какие условности и упрощения применяют при выполнении сборочных чертежей?
14. Какой чертеж носит название чертежа общего вида?
15. Чем чертеж общего вида отличается от сборочного чертежа?
16. Что называется детализацией и каково его назначение?
17. Что значит «прочитать чертеж»?
18. В каком масштабе предпочтительно выполнять чертежи деталей?
19. Какое изображение детали считается основным (главным) и какие к нему предъявляются требования?

Глава 14

ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ И ЧТЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

14.1. Проектирование зданий и сооружений. Документация и стандартизация в строительном проектировании

Общие сведения о зданиях и их конструктивных элементах

Классификация зданий

Различные здания и сооружения проектируют и возводят для удовлетворения производственных и социально-бытовых потребностей людей. Их изображения, масштабы и условные обозначения, применяемые на чертежах, зависят от специфики строительных объектов, а также от назначения самих чертежей.

Строительные объекты подразделяются на три основные группы.

Гражданские здания – жилые и общественные: школы, больницы, клубы, театры и т. п. Гражданские здания условно делятся на: малоэтажные (1-2 этажа), средней этажности (3-5 этажей), многоэтажные (6-12 этажей), повышенной этажности (до 25 этажей) и высотные (более 25 этажей).

Производственные здания делятся на промышленные и сельскохозяйственные. К первым относятся: здания заводов и фабрик, предприятий транспорта, энергетики, гаражи и др. Сельскохозяйственные здания используют под коровники, конюшни, птицефермы, разные склады и т. п.

Инженерные сооружения – мосты, тоннели, путевые эстакады, набережные, различные гидротехнические земляные сооружения, доменные печи, резервуары и т.д.

В зависимости от материала наружных стен здания подразделяются на *каменные* как из искусственных, так и из естественных камней, *бетонные*, *железобетонные* и *деревянные*.

Здания должны иметь необходимую прочность, устойчивость, капитальность и быть экономичными. *Прочность и устойчивость* здания обеспечиваются правильным выбором его конструктивной схемы. *Капитальность* зданий характеризуется степенями долговечности и огнестойкости основных строительных конструкций. Эксплуатационные качества зданий определяются также: составом и площадью помещений, их объемом, внутренним благоустройством, качеством отделки, инженерным оборудованием, что также отображается на чертежах.

Стадии проектирования

Строительными чертежами называют чертежи, которые содержат проекционные изображения строительных объектов или их частей и другие данные, необходимые для их возведения, а также для изготовления строительных изделий и конструкций. Содержание и оформление строительных чертежей во многом зависят от стадий проектирования, от типов зданий и их назначения. Все здания и сооружения возводят по утвержденным проектам и сметам.

Проектом называется техническая документация, полностью характеризующая намеченное к строительству здание, сооружение или комплекс зданий. Строительство жилых, общественных и промышленных зданий ведется по типовым проектам, индивидуальным проектам и по проектам экспериментального строительства.

Типовые проекты предназначены для массового строительства, поэтому в типовых проектах должны быть учтены требования экономичности строительства и эксплуатации зданий, природно-климатические условия района, а также требования высокого архитектурного и технико-конструкторского уровня строительства.

В состав проекта входят чертежи, необходимые для производства общестроительных, специальных работ и для монтажа оборудования, а также пояснительная записка и смета, определяющая финансовую стоимость строительства и отдельных видов работ. Эту документацию составляют специальные проектные организации и институты на основании заданий организаций. Согласно инструкциям для промышленного строительства СН202-69 и жилищно-гражданского строительства СН401-69 проектирование может осуществляться в две стадии – технический проект и рабочие чертежи или в одну стадию – рабочий проект. В одну стадию осуществляют проектирование несложных объектов с простым конструктивным решением, а также привязку типовых проектов к условиям места строительства.

Технический проект – первая стадия проектирования – предназначен для рассмотрения и оценки архитектурно-планировочных и конструктивных решений, вопросов инженерного оборудования и организации строительства, его сметной стоимости и основных технико-экономических показателей. Утвержденный проект-основа служит для разработки рабочей документации со сметами.

Рабочую документацию со сметами – вторая стадия проектирования – составляют на основе утвержденного технического проекта.

Рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости служит как для рассмотрения и утверждения проектного решения, так и для

производства строительно-монтажных работ. Рабочий проект совмещен с рабочей документацией; в его состав входят проектные материалы, перечисленные выше. Большинство промышленных, жилых и общественных зданий, а также многие инженерные сооружения в настоящее время строят по типовым проектам, что способствует индустриализации строительства, улучшению его качества и значительно снижает расходы на проектно-сметные работы. В состав типового проекта входят все рабочие чертежи с пояснительной запиской и со сметой стоимости строительства.

Стандартизация проектирования в строительстве

Такая стандартизация устанавливает единообразие норм, требований и методов в области проектирования и производства строительства в целях обеспечения его оптимального качества и исключения нерационального многообразия видов, марок, типоразмеров и т.п. В зависимости от сферы действия и уровня утверждения стандарты подразделяются на категории и виды.

Категории стандартов.

1. Государственные стандарты – обязательны к применению всеми предприятиями, организациями и учреждениями федеративного, республиканского и местного подчинения во всех отраслях народного хозяйства. Для проектной документации строительных объектов используют положения систем СПДС, ЕСКД, САПР.

2. Отраслевые стандарты (ОСТ) – обязательны для всех предприятий и организаций данной отрасли, а также для предприятий и организаций других отраслей (заказчиков), применяющих или потребляющих продукцию этой отрасли.

3. Республиканские стандарты союзных республик (РСТ) – обязательны для всех предприятий и организаций республиканского и местного подчинения данной республики независимо от их ведомственной подчиненности.

4. Стандарты предприятия, объединения (СТП) – обязательны только для предприятия, объединения, утвердившего данный стандарт.

ГОСТ 2.103-68 с изменениями предусматривает следующие стадии разработки проектно-конструкторской документации: техническое предложение, эскизный проект. Технический проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации. В соответствии со стадиями проектирования для строительных объектов общие требования к составу и комплектованию документации изложены в ГОСТ 21.101-97

СПДС, п.3,4. При этом должны учитываться положения ГОСТ 2.102-68; ГОСТ 21.501-73 ЕСКД.

Марки комплектов чертежей

В соответствии с ГОСТ 21.101-97 каждому основному комплекту рабочих чертежей присваивают самостоятельное наименование, в состав которого включают базовое обозначение и марку основного комплекта. Марка состоит из заглавных начальных букв названия определенной части проекта. Марка чертежа сохраняется на всех стадиях проектирования. Для отдельных комплектов рабочих чертежей установлены следующие наименования и марки:

Генеральный план, сооружения транспорта.....	ГТ
Генеральный план.....	ГП
Архитектурные решения	АР
Архитектурно-строительные решения	АС
Интерьеры.....	АИ
Конструкции железобетонные.....	КЖ
Конструкции металлические.....	КМ
Конструкции металлические детализовочные.....	КМД
Конструкции деревянные.....	КД
Внутренние водопровод и канализация.....	ВК
Наружные сети водоснабжения и канализации.....	НВК
Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.....	ОВ
Тепловые сети.....	ТС
Газоснабжение.....	ГС
Электроснабжение.....	ЭС
Электроосвещение.....	ЭО
Автоматизация.....	А

При необходимости могут быть назначены дополнительные марки основных комплектов рабочих чертежей, если в государственном стандарте нужного наименования нет. При этом для обозначения новой марки используют не более трех прописных букв русского алфавита. Эти буквы, как правило, соответствуют начальным буквам нового наименования – основного комплекта.

Конструктивные элементы и схемы зданий

Строительные объекты состоят из отдельных частей – конструкций. *Конструкцией* называют отдельную самостоятельную часть здания

или сооружения, состоящую из несущих элементов, взаимно связанных процессом производства строительных и монтажных работ.

Конструкции бывают *сборные*, состоящие из отдельных элементов, и *монолитные*, изготавливаемые на месте монтажа.

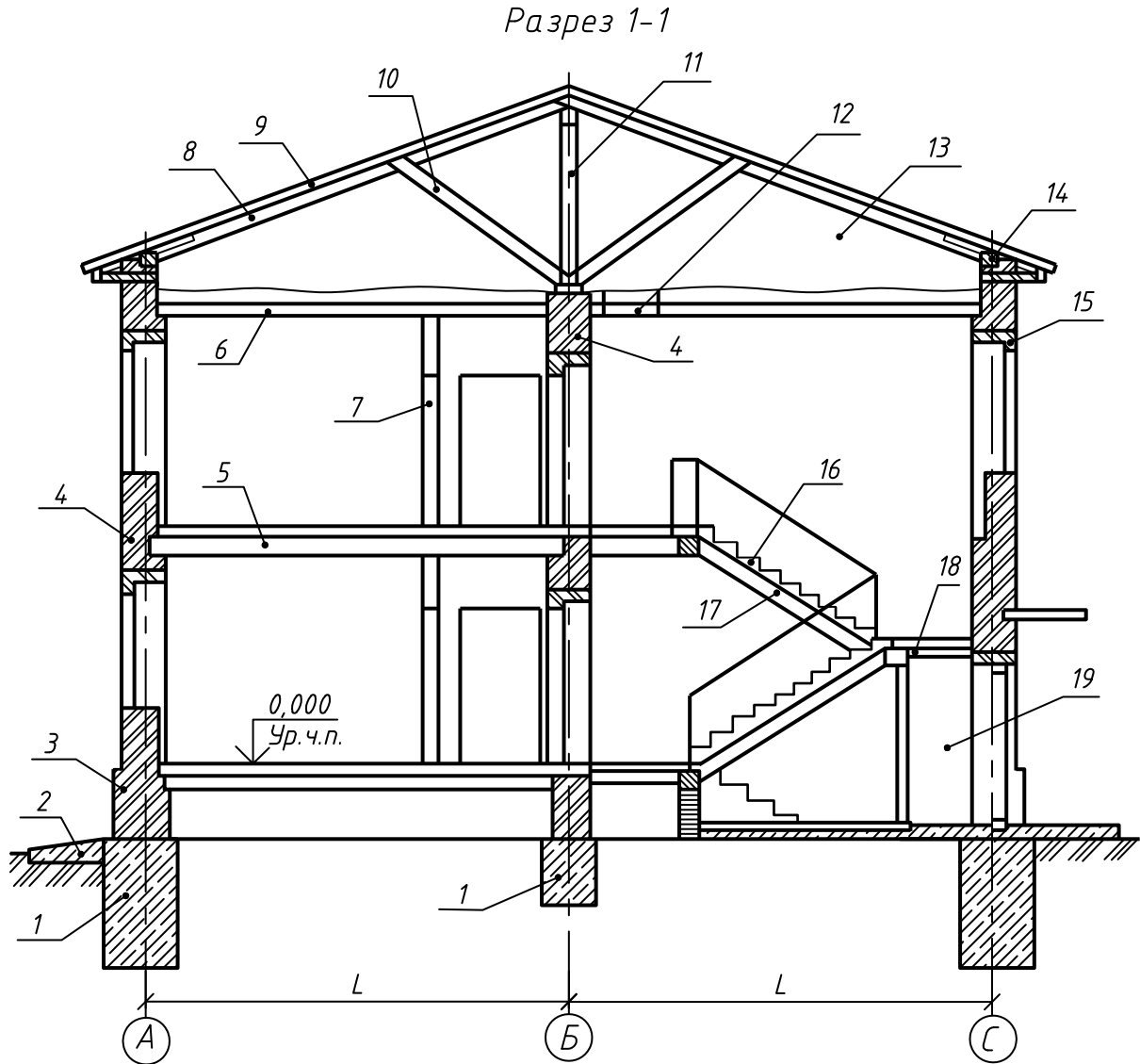
Участок конструкции, где соединяются его отдельные составные элементы, называют *узлом*. Марки, обозначающие на чертежах строительные изделия, приведены в табл. 14.1.

Таблица 14.1 Марки строительных изделий

Наименование изделия	Марка	Наименование изделия	Марка
Балки	Б	Переплеты оконные	ПО
Балки подкрановые	БК	Плиты перекрытий, по-	П
Балки стропильные	БС	крытий	
Балки подстропильные	БП	Плиты карнизные	ПК
Балки фундаментные	БФ	Плиты парапетные	ПП
Блоки стеновые	БС	Плиты подоконные	ПО
Двери	Д	Площадки лестничные	ПЛ
Изделия арматурные	МА	Рамы	РМ
Изделия закладные	МН	Ригели	Р
Изделия соединительные	МС	Сваи	СВ
Импосты	ИМ	Связи вертикальные	ВС
Каркасы арматурные плоские	Р	Связи горизонтальные	ГС
Каркасы арматурные пространственные	КП	Сетки арматурные	С
Колонны	К	Ступени	ЛС
Лестницы	Л	Стойки	СК
Марши лестничные	МЛ	Фермы стропильные	ФС
Монорельсы	МР	Фермы подстропильные	ФП
Окна	О	Фермы и балки тормозные	ФТ
Панели перегородок	ПГ	Фермы фонарные	ФФ
Панели стеновые	ПС	Фундаменты столбчатые	Ф
Перемычки	ПР	Фундаменты ленточные	ФЛ
		Фундаментные блоки	ФБ
		Фундаменты под оборудование	ФО

На рис. 14.1 приводятся основные конструктивные элементы здания. Фундаменты, стены, перегородки, перекрытие, покрытие, лестницы составляют несущий каркас здания.

Фундаменты передают нагрузку от здания на грунт – основание. Фундаменты, имеющие плоскую подошву, подразделяются на ленточные, которые закладывают под стены, и столбчатые под отдельно стоящие колонны или столбы. Фундаменты бывают также свайные, когда здание опирается на погруженные в грунт бетонные или железобетонные сваи.



Конструктивные элементы здания с несущими стенами:

1 – фундамент, 2 – отмостка, 3 – цоколь, 4 – несущие стены, 5 – междуэтажное перекрытие, 6 – чердачное перекрытие, 7 – перегородка, 8 – наклонные стропила, 9 – обрешетка кровли, 10 – подкос, 11 – стойка, 12 – люк, 13 – чердак, 14 – мауэрлат, 15 – перемычка, 16 – лестничный марш, 17 – косяк, 18 – лестничная площадка, 19 – тамбур

Рис. 14.1

Стены здания подразделяются на наружные, которые ограждают помещения от внешней среды, и внутренние, отделяющие одни помещения от других. Стены бывают несущими, самонесущими и ненесущими по отношению к нагрузке. Несущие стены и внутренние воспринимают нагрузку от собственной массы и других конструкций (перекрытий, крыш, лестниц). Самонесущие передают на фундаменты не только нагрузку от собственной массы, но и ветровую; на такие стены не опираются перекрытия или другие конструкции здания. Выступ на стене, поддерживающий крышу здания, называется *карнизом*. Вынос карниза, т.е. расстояние от стены до края карниза, устанавливают в проекте, учитывая необходимость защиты стен от воды, стекающей с крыши, и архитектурные особенности здания.

Перегородки – ограждающие элементы, разделяющие внутреннее пространство здания в пределах одного этажа на отдельные помещения.

Перекрытия выполняют ограждающие и несущие функции. Междэтажные перекрытия разделяют в здании смежные по высоте помещения. Перекрытия над подвалом называют *цокольными*, а перекрытия над верхним этажом – *чердачными*.

Покрытие (крыша) выполняет ограждающие и несущие функции и служит для защиты здания от атмосферных осадков. Оно состоит из стропил, к которым прикреплена обрешетка с кровлей. В качестве кровли используют асбоцементные волнистые листы, черепицу, рубероид, стеклорубероид, кровельную сталь и т.д. Покрытия, в которых совмещены функции крыши и потолка, называются *бесчердачными*.

Лестницы являются одним из важных конструктивных элементов в современных зданиях. Они располагаются в огнестойких помещениях с капитальными стенами, которые называются *лестничными клетками*. В зависимости от характера выполняемой функции и значимости в пространственной композиции здания лестницы делятся на входные, вспомогательные, аварийные и пожарные. Лестницы имеют различные геометрические характеристики, в известной мере увязанные с их конструктивными особенностями, примененными строительными материалами и архитектурным решением. По конфигурации лестницы бывают: прямолинейными, прямолинейными с поворотом, прямолинейными разветвленными, криволинейными, овальными, винтовыми. Основными элементами лестниц являются: наклонный лестничный марш – конструктивный элемент лестницы, на котором непосредственно расположены ступени, и лестничные площадки – горизонтальные конструктивные плоскости, предназначенные для перехода с одного марша на другой или с марша на этаж. Лестничные площадки, устраиваемые на уровне каждого этажа, принято называть *этажными*, а между этажами *проме-*

жуточными. В зависимости от числа маршей в пределах высоты одного этажа лестницы делятся на одномаршевые (без промежуточных горизонтальных площадок), двухмаршевые (с одной промежуточной площадкой) и многомаршевые. В практике наибольшее распространение получили двухмаршевые лестницы как наиболее простые в конструктивном отношении, экономичные и рациональные в эксплуатации. Лестничный марш состоит из ряда ступеней и поддерживающих их балок, а также ограждений высотой от 90 см и выше, необходимых для безопасности и удобства пользования. Ограждения состоят из стоек, стальных решеток и поручней. Балки называют *косоурами*, если ступени опираются на них сверху, и *тетивами*, если ступени примыкают к ним сбоку. Ступень состоит из горизонтальной площадки – проступи и вертикальной плоскости – *подступенка*.

Лестницы могут быть выполнены из различных строительных материалов: бетона, железобетона, дерева, металла и из природного камня. На планах лестниц наносят стрелку, показывающую направление движения вверх.

14.2. Комплекты чертежей в проекте строительного объекта

В зависимости от вида изображаемых строительных объектов строительные чертежи можно условно подразделить на *архитектурно-строительные* – чертежи жилых, общественных зданий; *инженерно-строительные* – чертежи различных инженерных сооружений; *топографические* – чертежи земной поверхности, на которых изображают ее рельеф и ситуацию (насаждения, водоемы, строения, дороги и т.д.). Перечисленные чертежи существенно отличаются один от другого, поэтому проекты строительных объектов делят на части – *комплекты*.

Рабочим чертежам каждого комплекта присваивают постоянные буквенные условные обозначения – марки. В полный комплект рабочих чертежей зданий и сооружений различных отраслей народного хозяйства и промышленности входят основные комплекты рабочих чертежей; рабочие чертежи строительных изделий (типовых, повторно применяемых, нетиповых); чертежи узлов – изображений частей конструкций, на которых показано взаимодействие и соединение между собой отдельных элементов зданий и сооружений.

В основной комплект рабочих чертежей промышленных зданий и сооружений включают чертежи генерального плана и транспорта; архитектурно-строительных решений; интерьеров; железобетонных конструкций; металлических конструкций; деревянных конструкций; санитарно-технических устройств – водопровода и канализации; отопления и вентиляции и др.

Проекты жилых и общественных зданий содержат архитектурно-строительную часть. Указанные проекты могут содержать санитарно-технические чертежи. В отдельные комплекты выделяют *чертежи узлов* конструкций и изделий. В проектах железных и автомобильных дорог в отдельные части комплектуют чертежи плана и профиля дороги, искусственных сооружений, станций и узлов, устройств сигнализации и связи и т.п.

Основной комплект рабочих чертежей любой марки может быть разделен на несколько основных комплектов той же марки с добавлением к ней порядкового номера в соответствии с процессом организации строительных работ, например: АС1, АС2, КЖ1, КЖ2. Полная таблица «Марки основных комплектов рабочих чертежей» дана в ГОСТ 21.101-97 (Приложение А, табл. А.1).

Каждому основному комплекту рабочих чертежей присваивают наименование, которое состоит из базового обозначения, устанавливаемого по действующей в организации системе, и марки основного комплекта, например 2345-12-АР, где 2345 – номер договора или шифр объекта строительства; 12 – номер здания или сооружения по генеральному плану; 2345-12 – базовое обозначение; АР – марка основного комплекта рабочих чертежей.

В состав основного комплекта рабочих чертежей архитектурных решений включают:

- 1) общие данные по рабочим чертежам;
- 2) планы этажей, в том числе подвала, технического подполья, технического этажа и чердака;
- 3) разрезы;
- 4) фасады;
- 5) планы полов (при необходимости);
- 6) план кровли (крыши);
- 7) схемы расположения элементов сборных перегородок;
- 8) схемы расположения элементов заполнения оконных и других проемов;
- 9) выносные элементы (узлы, фрагменты);
- 10) спецификации к схемам расположения в соответствии с ГОСТ Р 21.1101-70.

14.3. Использование стандартов графического оформления в строительных чертежах

При выполнении строительных чертежей следует руководствоваться следующими нормативными документами: 1) стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), распространяю-

щимися на строительные чертежи; 2) стандартами Системы проектной документации для строительства (СПДС); 3) действующими инструкциями о составе и оформлении строительных рабочих чертежей. Стандарты СПДС издаются с 1977 г. в дополнение к ЕСКД. Классификация и обозначения стандартов СПДС и ЕСКД аналогичны, им присвоен код 21, далее через точку дается код классификационной группы, затем порядковый номер стандарта в классификационной группе и через тире – год утверждения.

Стандарты СПДС делятся по классификационным группам: 0 – общие положения; 1 – общие правила оформления чертежей и текстовых документов; 2 – правила обращения проектной документации; 3 – правила выполнения проектной документации по инженерным изысканиям; 4 – правила выполнения технологической проектной документации; 5 – правила выполнения архитектурно-строительной проектной документации; 6 – правила выполнения проектной документации инженерного обеспечения (отопление, водопровод, канализация и т.д.); 7 – правила выполнения типовой изыскательной документации; 8 – правила машинно-ориентированных проектных документов, используемых в АСУ; 9 – прочие стандарты.

Стандарты СПДС входят в состав системы общетехнических и организационно-методических стандартов, назначение которых заключается в установлении единых правил комплектования, оформления и обращения проектной документации в строительстве.

Соблюдение стандартов обеспечивает: упрощение форм проектных документов и графических изображений; возможность выполнения машинно-ориентированных проектных документов, используемых в автоматизированных системах управления (АСУ); возможность повторного использования проектной документации без переоформления; необходимую взаимосвязь с унифицированными системами документации (УСД) и Единой системой классификации и кодирования технико-экономической информации (ЕСКК ТЭИ).

Изображения на строительных чертежах должны отвечать всем перечисленным выше документам и ГОСТ 2.305-68, ГОСТ 21.101-79. В чертежах зданий направление взглядов для разреза принимают по плану снизу вверх и справа налево. Чертежи плана размещаются под фасадом, разрез (вид слева) – справа от него. Количество изображений, как и масштаб, определяется в зависимости от сложности изображения.

Масштаб на чертежах не проставляют, за исключением чертежей изделий и случаев, оговоренных соответствующими стандартами СПДС. Единый масштаб для всех изображений проставляется в специальной графе основной надписи. В случае разных масштабов для изо-

бражений его указывают под наименованием данного вида. Если планы и фасады секции здания повторяются, их показывают один раз с нанесением обозначений совмещенных координационных осей здания или сооружения. Этим совмещенным изображениям присваивают наименование по типу: *План 2, 3, 4-го этажей между осями 1-8 и 12-16, Фасад 1-12 и 12-1*. На строительных чертежах размеры наносят в миллиметрах; если размер в редких случаях задают в сантиметрах, это указывается на чертеже в примечании. Отметки по высоте здания или на фасадах представляют в метрах с тремя десятичными знаками.

В строительном чертеже метрической базой является метрический репер ³*M*, в котором каждая из осей шкалирована кратно модулю 10. На этой десятичной метрической ортогональной системе базируется осевая сеть конструкций проектируемого объекта.

Планы зданий и сооружений, как правило, располагаются вдоль горизонтальной стороны листа. Виды, разрезы, сечения фрагментов и узлов на листах располагают в последовательности их нумерации слева направо и сверху вниз.

14.4. Модульная координация размеров в строительстве

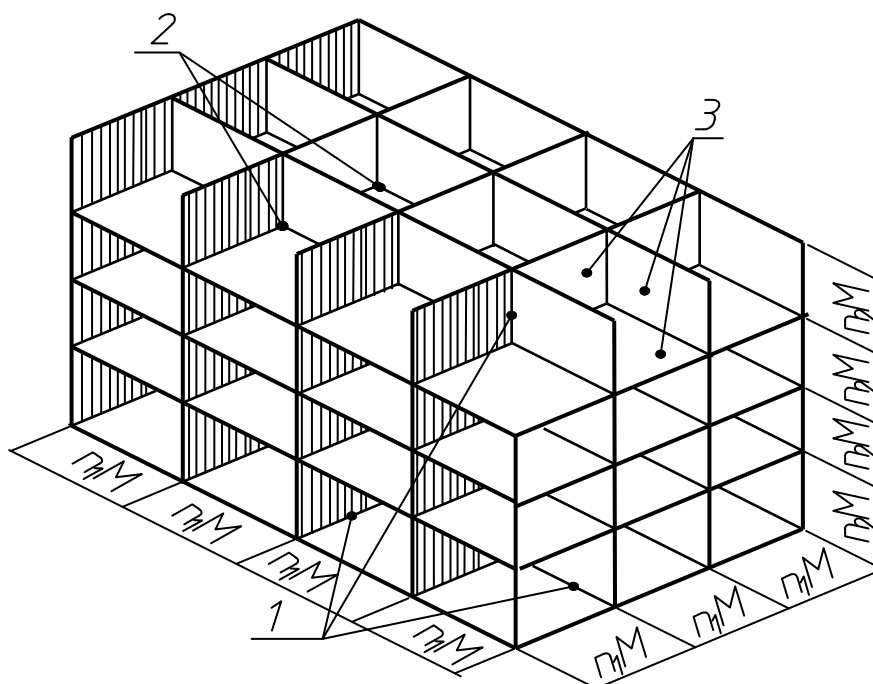
Единая система модульной координации (ЕСМК)

Эта система регламентирована строительными нормами и правилами. Она применяется при проектировании и строительстве зданий различного назначения – жилых, общественных, промышленных, сельскохозяйственных и др., а также при производстве сборных железобетонных изделий, окон, дверей и других элементов зданий.

ЕСМК представляет собой совокупность правил координации размеров и взаимного размещения объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий и сооружений, строительных изделий и оборудования на базе модуля.

Объемно-планировочным элементом называется часть объема здания, характеризующаяся пролетом, шагом и высотой этажа. *Планировочный элемент* представляет собой горизонтальную проекцию объемно-планировочного элемента.

Расположение объемно-планировочных элементов зданий или сооружений в пространстве осуществляется с помощью модульной трехмерной пространственной координационной системы модульных плоскостей. МКРС предусматривает применение прямоугольной системы (рис. 14.2), хотя существуют еще косоугольные и центрические.



1 – Координационные линии; 2 – точки пересечения координационных линий; 3 – координационные плоскости

Рис. 14.2

Все размеры объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий должны быть кратны определенной величине, называемой модулем. Величина основного модуля принимается равной 100 мм и обозначается буквой М. Все остальные производные виды модулей – укрупненные и дробные образуются на базе основного модуля умножением его на целые или дробные числа.

Укрупненные модули (мультимодули) выражены следующими размерами: 6000, 3000, 1500, 1200, 600, 300 мм. Их обозначают таким образом: 60М, 30М, 15М, 12М, 6М, 3М.

Дробные модули (субмодули) 50, 20, 10, 5, 2 и 1 мм. Их обозначение соответственно 1/М, 1/5М, 1/10М, 1/20М, 1/50М, 1/100М.

Укрупненные модули применяют при назначении шага элементов здания. Дробные модули используют при назначении конструктивных размеров сечений колонн, балок, плит и т.д., а также зазоров, швов, толщины плитных и листовых материалов и т.п.

Конструктивным элементом здания или сооружения называется отдельная самостоятельная конструкция (рис. 14.3), например панель перекрытия, железобетонный ригель и т.д.

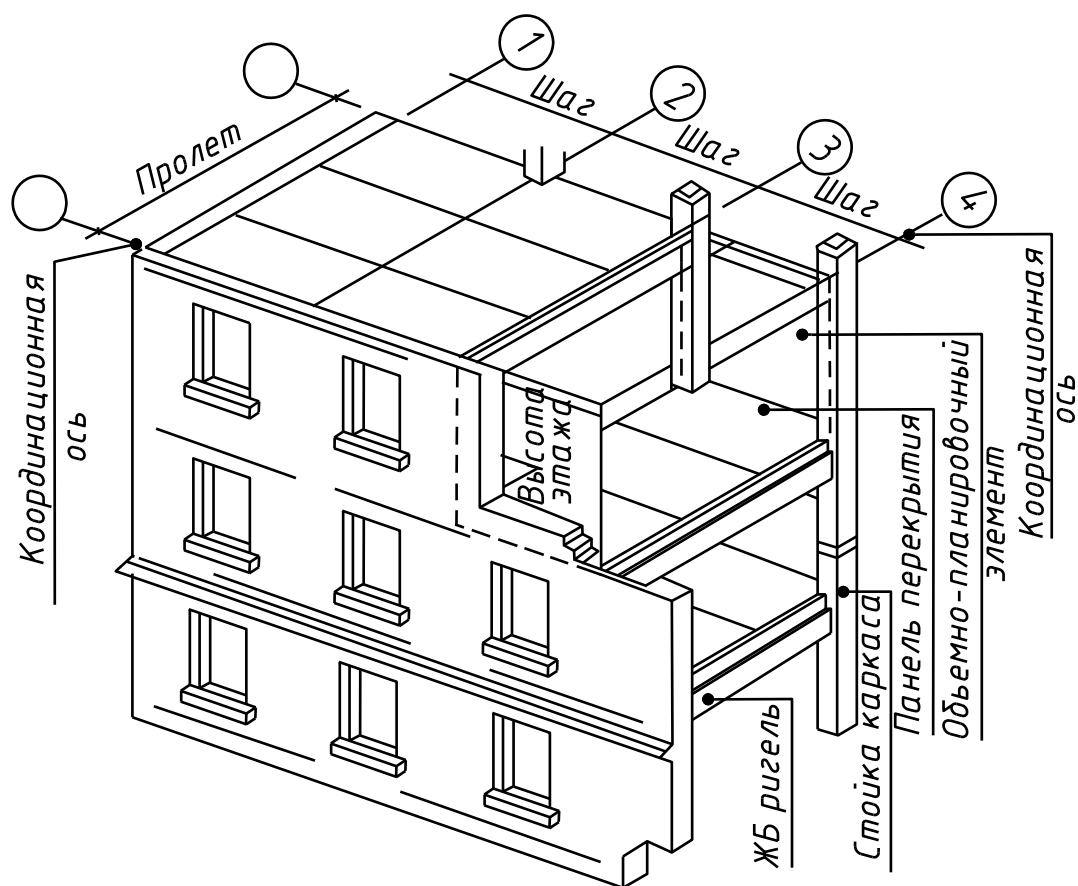


Рис. 14.3

Размеры конструктивных элементов разделяют на *координационные* и *конструктивные* (рис. 14.4). *Координационным* размером l_0 является модульный размер, определяющий границы координационного пространства в одном направлении. *Конструктивным* размером является проектный размер l строительной конструкции, изделия. Конструктивный размер может быть меньше или больше координационного.

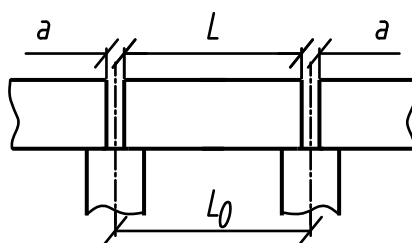
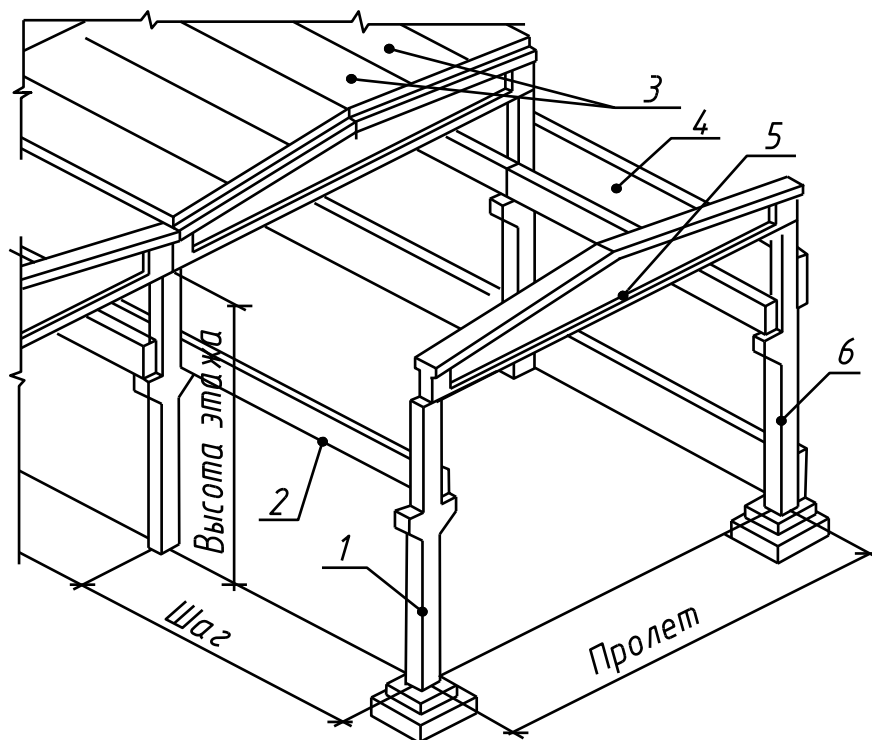


Рис. 14.4

Здание или сооружение в плане расчленяется осевыми линиями на ряд элементов. Эти оси, определяющие расположение основных несую-

щих конструкций (стен и колон), называются *координационными осями* – продольными и поперечными. Расстояние между (разбивочными) координационными осями на плане называется *шагом*. Шаг может быть продольным или поперечным. Расстояние между (разбивочными) координационными осями в направлении, соответствующем пролету основной несущей конструкции перекрытия (прогон, ригель) или покрытия (фермы), называется *пролетом* (рис.14.5). Пролет может совпадать с шагом.



Конструктивный элемент каркасного здания: 1 – средняя колонна, 2 – подкрановая балка, 3 – плиты перекрытия, 4 – стеновая панель, 5 – подстропильная балка, 6 – пристенная колонна

Рис. 14.5

За высоту этажа $H_{эт}$ здания принимают расстояние от уровня пола данного этажа до уровня пола этажа, расположенного выше. Высота верхнего этажа определяется так же, только толщина чердачного перекрытия считается равной толщине междуэтажного c (рис. 14.6, а). Высота этажа в одноэтажных зданиях промышленного типа равна расстоянию от уровня пола до нижней грани несущей конструкции на опоре (рис. 14.6, б).

Размеры шагов, пролетов, и высот этажей должны приниматься равными укрупненному модулю. Размеры конструктивных элементов зданий и сооружений должны быть кратными основному модулю.

Размеры и расположения элементов зданий определяются с помощью пространственной системы модульных плоскостей. Расстояние между смежными плоскостями в каждом из трех измерений принимаются равными или кратными основному модулю или одному из производных модулей.

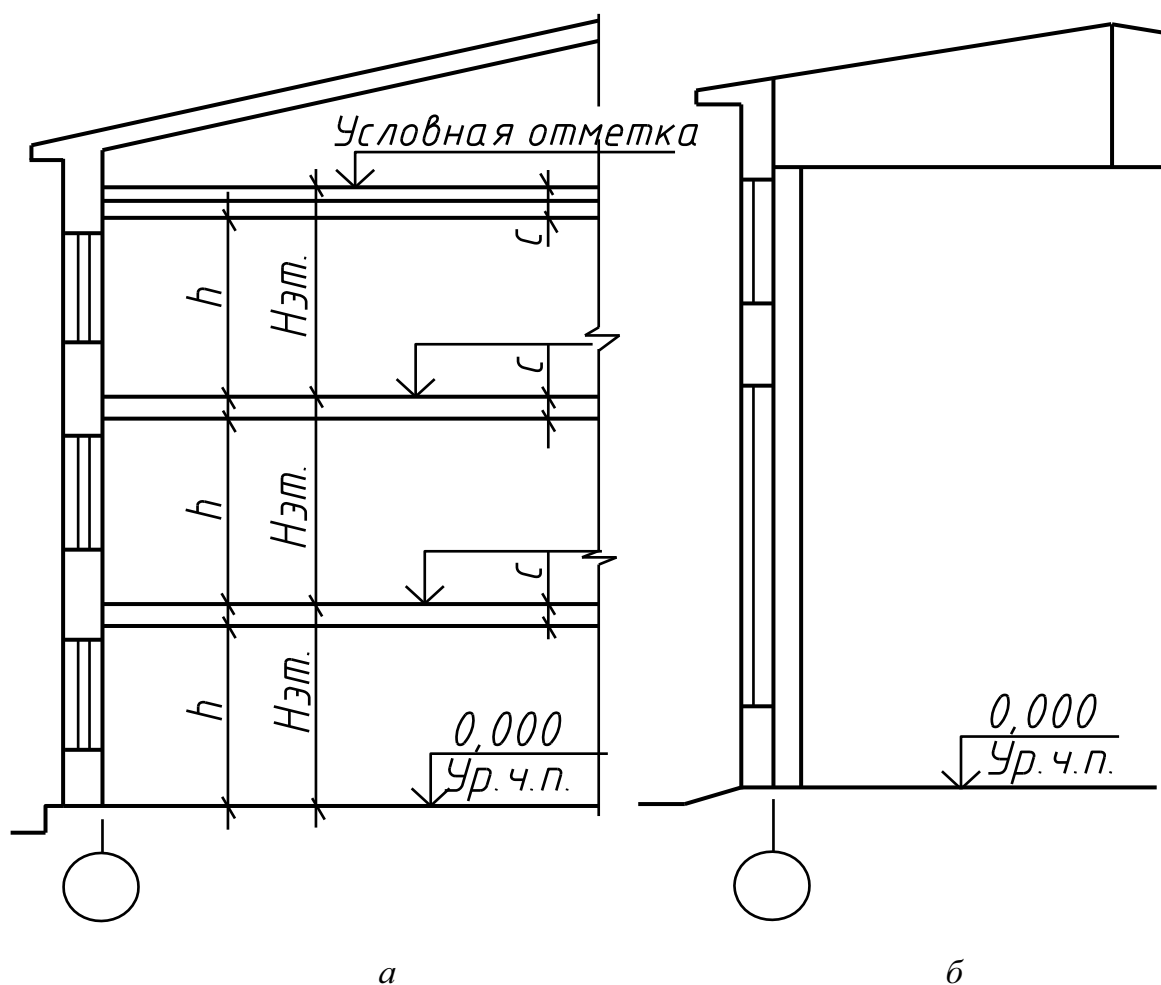


Рис. 14.6

Конструктивный размер

Конструктивным размером называют проектный размер l строительной конструкции, изделия, элемента, элемента оборудования, определенный в соответствии с правилами МКРС.

Конструктивные размеры (рис. 14.7) принимают меньше координационных размеров l_0 на размер зазора δ или более координационных размеров (с добавлением значения выступов, расположенных в смежном координационном пространстве). Размер зазора δ устанавливают в

соответствии с особенностями конструктивных узлов, условиями эксплуатации стыков, монтажа и допусками.

Размеры объемно-планировочных параметров L – расстояние между координационными осями несущих стен и колонн и высоты этажей.

Номинальные размеры l_0 конструктивных элементов это проектные размеры строительных изделий и оборудования, включающие нормированные зазоры δ ; *нормированным зазором* называется установленная нормами толщина шва зазора между элементами конструкций.

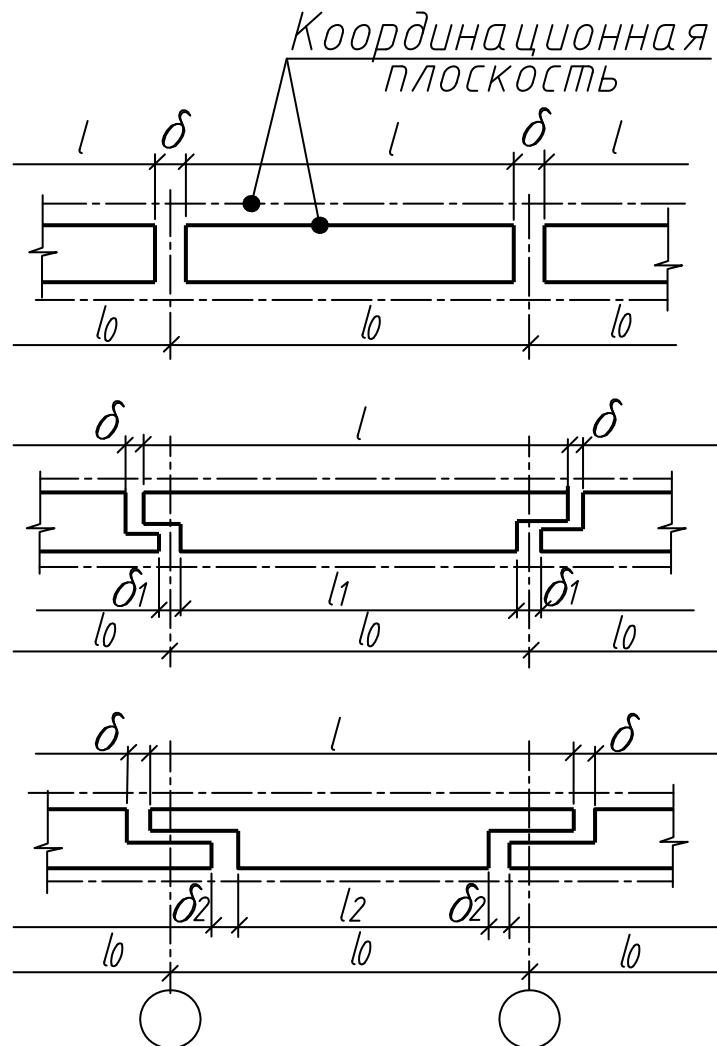


Рис. 14.7

Конструктивные размеры l – проектные размеры элементов конструкций, строительных изделий и оборудования.

Натурные размеры конструктивных элементов – это фактические их размеры, отличающиеся от конструктивных на величину допусков, установленных нормами.

14.5. Общие правила графического оформления строительных чертежей

Масштабы строительных чертежей

Изображение на строительных чертежах планов, фасадов, разрезов, конструкций, деталей и других элементов гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий выполняют в масштабах, установленных ГОСТ 2.302-68 «Масштаб».

Рабочие чертежи жилых и гражданских зданий, как правило, выполняются в следующих масштабах: планы зданий – 1:100, 1:200; планы секций – 1:100, 1:50; фасады – 1:100, 1:200; фрагменты фасадов – 1:50; разрезы – 1:50, 1:100; планы фундаментов – 1:100; сечения фундаментов – 1:50; планы перекрытий и стропил – 1:50, 1:100; детали конструкций – 1:20, 1:10, 1:5; монтажные схемы – 1:100, 1:200; планы этажей с нанесением сетей отопления, вентиляции, канализации, горячего и холодного водоснабжения и др. – 1:100.

Рабочие чертежи промышленных зданий выполняются в следующих масштабах: планы зданий – 1:100, 1:200 или 1:400 и элементы планов – 1:50 или 1:100; разрезы – 1:100, 1:200; отдельные части разрезов – 1:50; планы фундаментов – 1:100, 1:200; сечения фундаментов – 1:20, 1:50; детали ограждающих конструкций – 1:10, 1:20; планы полов и кровли – 1:200, 1:400; маркировочные и монтажные планы железобетонных, стальных и деревянных конструкций – 1:100, 1:200; опалубочные и общие виды отдельных конструкций – 1:5, 1:10.

Численный масштаб указывают в угловом штампе чертежа или на отдельных изображениях, если они выполнены в разных масштабах.

Линии, применяемые на строительных чертежах

ГОСТ 2.303-68 с изменениями устанавливает начертание и основное назначение линий на чертежах (табл. 14.2).

Толщина линий для всех изображений, выполненных в одном и том же масштабе, должна быть одинаковой.

В строительных чертежах есть некоторые особенности в применении отдельных типов линий. Так, на плане и разрезе здания видимые контуры обводят линиями разной толщины. Более толстой линией обводят контуры участков стен, попавшие в секущую плоскость. Контуры участков стен, не попавшие в плоскость, обводят тонкой линией.

Таблица 14.2. Линии на строительных чертежах в зависимости от назначения и масштаба

	Назначение линии	Наименование	Начертание и толщина, мм	Толщина линии, мм, при масштабе строительного чертежа			
				1 : 200	1 : 100	1 : 50	1 : 20
1	Видимые контуры сечений	Сплошная основная	$S \approx 0,6-1,5$ 	0,6	0,6-0,7	0,6-0,8	0,8
2	Контуры за плоскостью сечения	Сплошная тонкая	$S/2-S/3$ 	0,4	0,4-0,6	0,4-0,6	0,6
3	Размерные, выносные линии, подчеркивания, сопряжения, штриховки, оси репера	То же	То же	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4
4	Обрыв	Сплошная волнистая	$S/2-S/3$ 	0,2	0,2	0,2	0,2
5	Невидимые контуры	Штриховая	$S/2-S/3$ 	0,2	0,2	0,2	0,2
6	Осевые линии	Штрихпунктирная	$S/2-2/3 S$ 	0,4	0,4	0,4	0,4
7	Контуры под секущей плоскостью	Штрихпунктирная утолщенная	$2/3S-S$ 	0,2-0,4	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6
8	Длинные линии обрыва	Сплошная тонкая с изломами	$S/2-S/3$ 	0,2	0,2	0,2	0,2
9	Позиции сечений	Разомкнутая	$S-1,5S$ 	0,8-1,0	0,8-1,0	0,8-1,0	0,8-1,0

Виды

На строительных чертежах виды расположены в соответствии с ГОСТ 2.305-68. Однако наименование вида может отличаться от принятого в стандарте. Например: вместо «вида спереди» изображение именуется «фасадом» и т.п. Кроме того, на строительных чертежах название вида, как правило, надписывают над его изображением по типу *Фасад 1-3*. Вид может иметь буквенное, цифровое или какое-нибудь другое наименование. При необходимости направление проецирования может быть указано одной или двумя стрелками. Наименование вида может быть дано и без указаний направления взгляда. На чертежах металлических конструкций, где расположение видов несколько отличается от принятого, направление взгляда следует указывать стрелкой.

Разрезы

В строительных чертежах для наименования разреза допускается применять буквы, цифры и другие обозначения. В наименовании изображения допускается включать слово «разрез», например: *Разрез 1-1*.

Сечения

В строительных чертежах линия, указывающая направление секущей плоскости, может быть со стрелками или без них. Сечение обозначают буквами или цифрами. В названии сечения указывают обозначение соответствующей секущей плоскости.

Размеры

На строительных чертежах размеры наносят в соответствии с ГОСТ 2.307-68 с учетом требований системы проектной документации для строительства. Размеры в миллиметрах на строительных чертежах, как правило, наносят в виде замкнутой цепочки без указания единицы измерения. Если размеры проставляют в других единицах, это оговаривают в примечании к чертежам. Размерные линии на строительных чертежах ограничивают засечками – короткими штрихами длиной 2-4 мм, проводимыми с наклоном вправо под углом 45° к размерной линии. Толщина линии засечки равна толщине сплошной основной линии, принятой на данном чертеже. Размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1-3 мм (рис. 14.8).

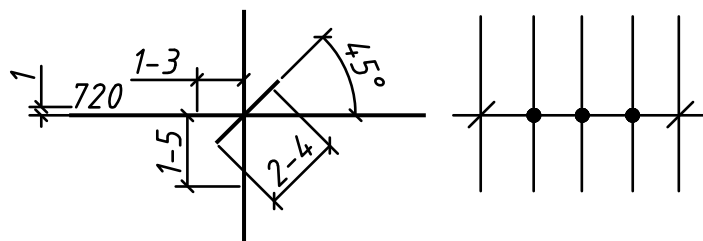


Рис. 14.8

Размерное число располагают над размерной линией примерно на расстоянии от 0,5 до 1 мм. Выносная линия может выступать за размерную на 1-5 мм. При недостатке места для засечек на размерных линиях, представляющих собой замкнутую цепочку, засечки допускается заменять точками (рис. 14.8). Расстояние от контура чертежа до первой размерной линии рекомендуется принимать не менее 10 мм. Однако в практике проектной работы это расстояние принимают равным 14-21 мм. Расстояние между параллельными размерными линиями должно быть не менее 7 мм, а от размерной линии до кружка координационной оси – 4 мм (рис.14.9).

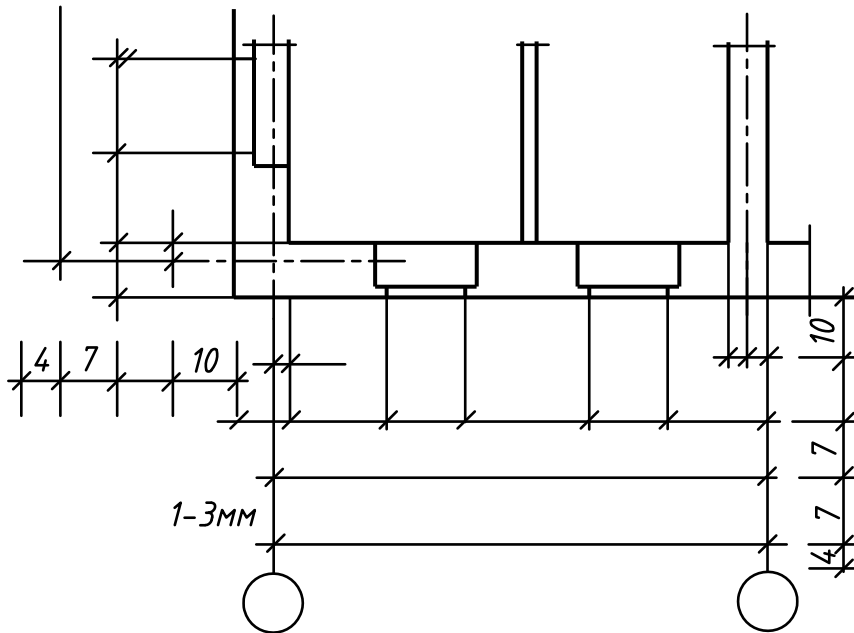


Рис. 14.9

При наличии в изображении ряда одинаковых элементов, расположенных на равных расстояниях друг от друга (например, осей колонн), размеры между ними проставляют только в начале и в конце ряда (рис. 14.10) и указывают суммарный размер между крайними элементами в виде произведения числа повторений на повторяющийся размер. Размерную линию на строительных чертежах ограничивают стрелками по ГОСТ 2.307-68 в том случае, когда требуется указать диаметр, радиус окружности или угол, а также при нанесении размеров от общей базы, располагаемых на общей размерной линии.

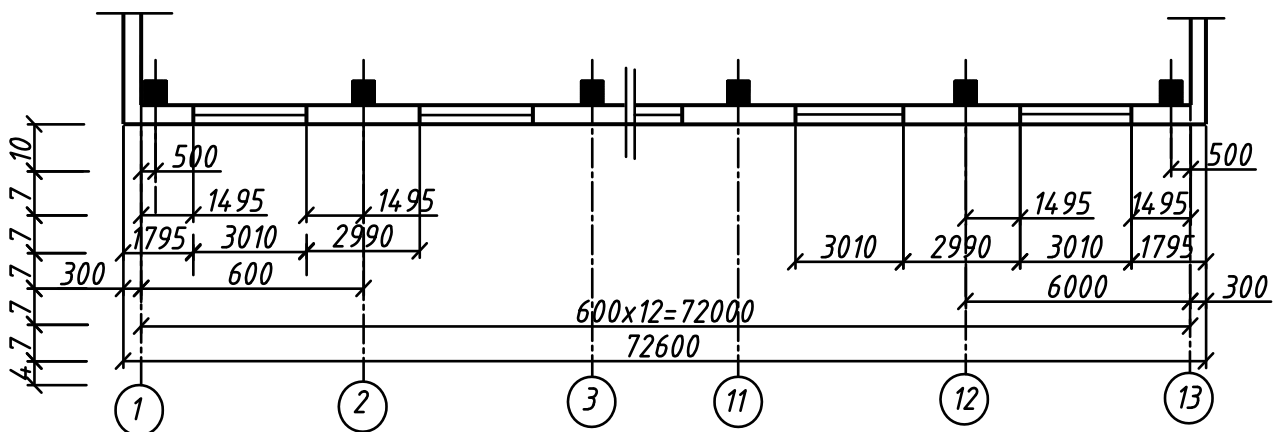


Рис. 14.10

Координационные оси и нанесение их размеров на чертежах

Для определения взаимного расположения элементов здания применяют сетку координационных осей его несущих конструкций (рис. 14.11). Координационные оси наносят штрихпунктирными линиями и обозначают марками в кружках диаметром 6...12 мм.

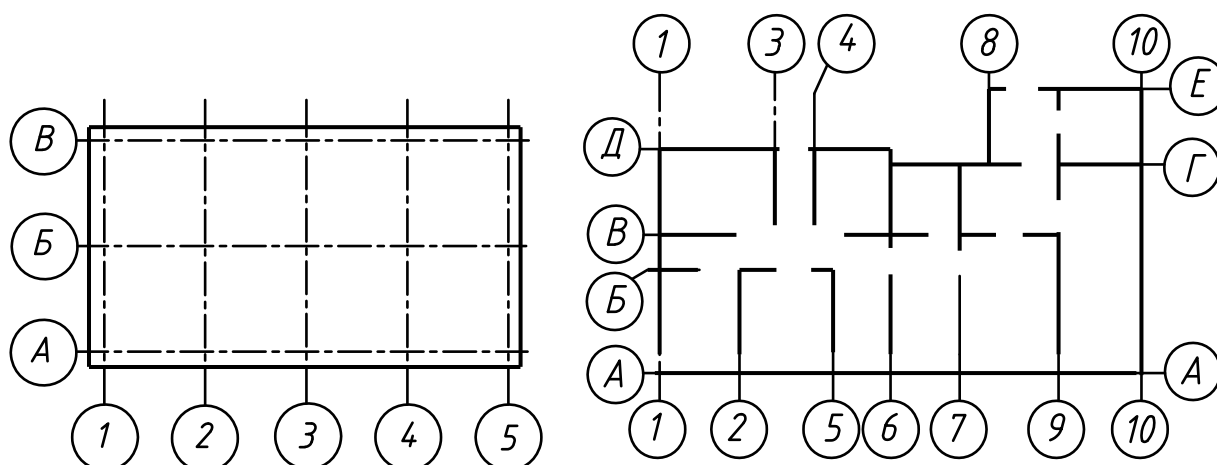


Рис. 14.11

Для маркировки координационных осей используют арабские цифры и прописные буквы, за исключением букв З, Й, О, Х, Ы, Ъ, Ь. Размер шрифта для обозначения координационных осей должен быть на 1-2 номера больше, чем размер шрифта чисел на том же листе. Цифрами маркируют оси по стороне здания с большим числом координационных осей. Последовательность маркировки осей принимают слева направо и снизу вверх. Марки осей, как правило, располагают по левой и нижней сторонам плана здания.

В зданиях с продольными и поперечными стенами привязку к координационным осям наружных и внутренних стен производят следующим образом (рис. 14.12):

1) внутреннюю грань наружной стены размещают от координационной оси на расстоянии $a = 100$ мм для опирания плит перекрытия; допускается также совмещать внутреннюю грань наружной стены с координационной осью при наружных самонесущих и навесных стенах в каркасных зданиях;

2) во внутренних стенах геометрическую ось симметрии стены совмещают с координационной осью, за исключением стен лестничных клеток и стен с каналами, где допускаются отступления от этого правила.

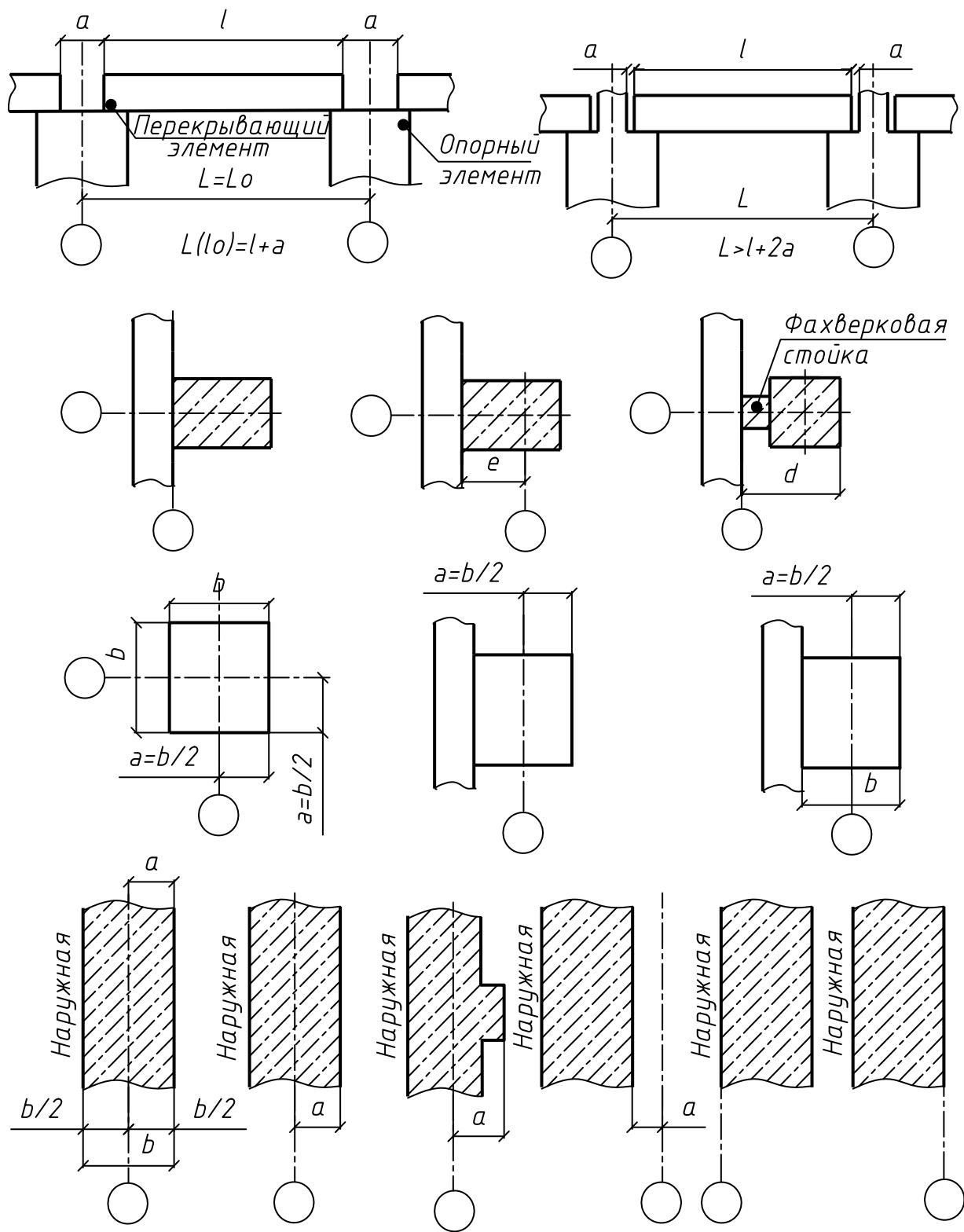


Рис. 14.12

Отметки

Условные отметки уровней (высоты, глубины) на планах, разрезах, фасадах (рис. 14.13) показывают расстояние по высоте от уровня чистого пола первого этажа до уровня поверхности различных элементов здания. В этом случае уровень чистого пола принимают за отсчетный уровень – условной «нулевой» отметки. На фасадах и разрезах отметки помещают на выносных линиях или линиях контура.

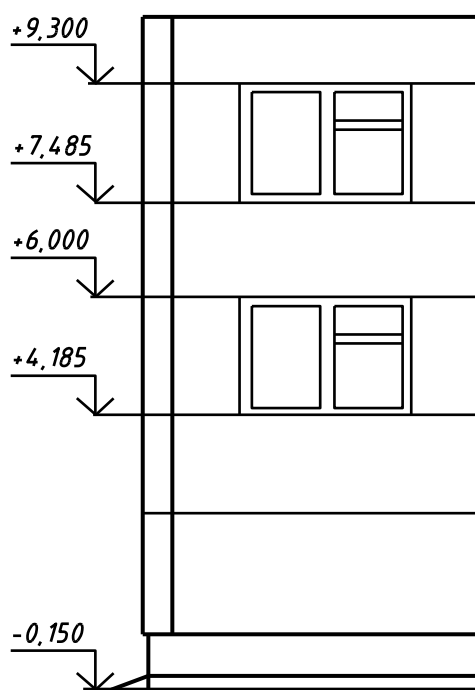


Рис. 14.13

Знак отметки представляет собой стрелку с полочкой. При этом стрелку выполняют основными линиями длиной 2-4 мм, проведенными под углом 45° к выносной линии или линии контура. Линию выноски вертикальную или горизонтальную обводят сплошной тонкой линией (рис. 14.14).

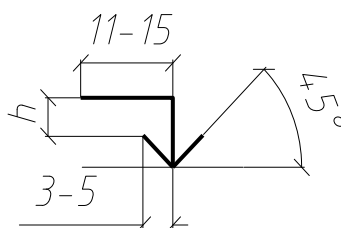


Рис. 14.14

Размер h рекомендуется принимать от 2 до 6 мм в зависимости от размеров чертежа. Длина полочки может быть принята следующей: для

шрифта высотой 2,5 мм: а) при четырех цифрах 11 мм; б) при пяти цифрах 12 мм; для шрифта высотой 3,5 мм: а) при четырех цифрах 12 мм; б) при пяти цифрах 15 мм. При необходимости длину полочки и размер h можно увеличить. Когда около одного изображения располагаются друг над другом несколько знаков уровней, рекомендуется вертикальные линии отметки размещать на одной вертикальной прямой, длину горизонтальной полочки делать одинаковой. Знак отметки может сопровождаться поясняющими надписями. Например: *Ур.ч.п.* – уровень чистого пола; *Ур.з.* – уровень земли.

На строительных чертежах отметки уровней указывают в метрах с тремя десятичными знаками. Условная нулевая отметка обозначается так: 0,000. Размерное число, показывающее уровень элемента, расположенного ниже нулевой отметки, имеет знак минус, а расположенного выше – знак плюс. Знак плюс в отметках разрешается не указывать. На планах размерное число отметки наносят в прямоугольнике, контур которого обведен тонкой сплошной линией, или на полке линии-выноски. В этом случае перед размерным числом отметки обязательно ставят знак плюс или минус (рис. 14.15).

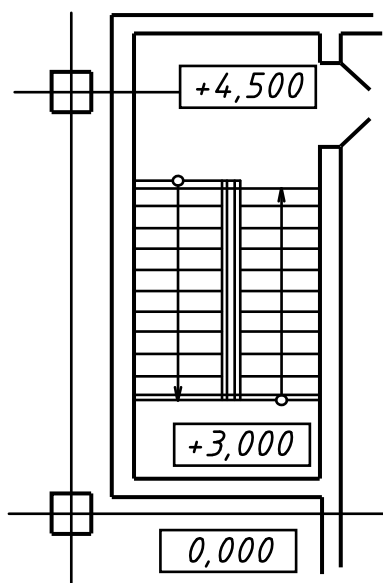
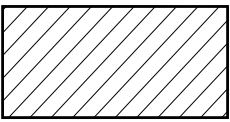
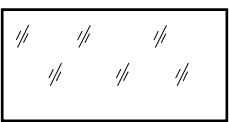
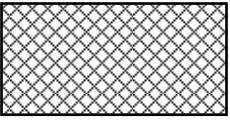
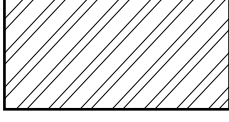
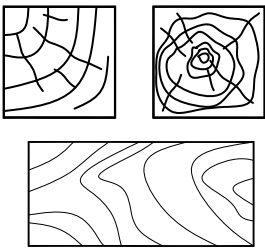
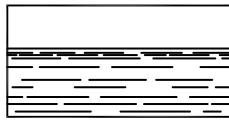
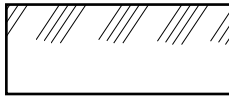
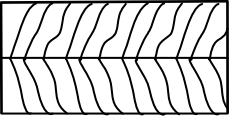
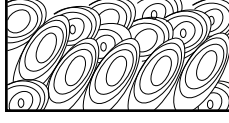
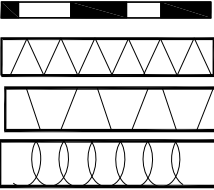


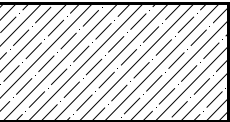
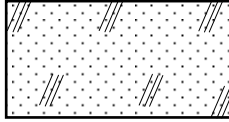
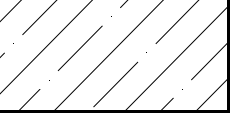
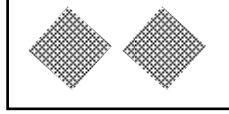
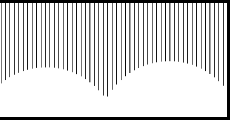
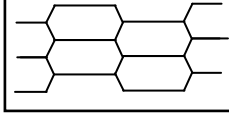


Рис. 14.15

14.6. Условные графические обозначения строительных материалов

ГОСТ 2.306-92 ЕСКД устанавливает графические обозначения материалов в сечениях и на фасадах, а также правила нанесения их на чертежи всех отраслей промышленности и строительства табл. 14.3.

Таблица 14.3 Графическое обозначение материалов в сечениях

Обозначение	Материал	Обозначение	Материал
	1. Металлы и твердые сплавы		10. Стекло и другие прозрачные материалы
	2. Неметаллические волокнистые монолитные и плитные, за исключением указанных ниже		11. Кладка из кирпича, керамики, искусственного и натурального камня и т.п
	3. Древесина: а) поперек волокон б) вдоль волокон	 	12. Жидкости 13. Грунт
	4. Фанера		14. Глина (в качестве конструктивного материала)
	5. Изоляционные материалы: а) гидроизоляция б) звуко-, виброизоляция в) теплоизоляция 6. Волокнистые немонолитные материалы	 	15. Песок, асбестоцемент, гипсовые изделия, штукатурка, раствор, и т.п. 16. Сетки
	7. Бетон неармированный		17. Засыпки из любого материала
	8. Бетон армированный (железобетон)		18. Сталь рифленая (на фасаде)
	9. Металлы (на фасаде)		19. Сталь просечная на фасаде

Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренные в настоящем стандарте, поясняя их на чертеже (рис. 14.16).

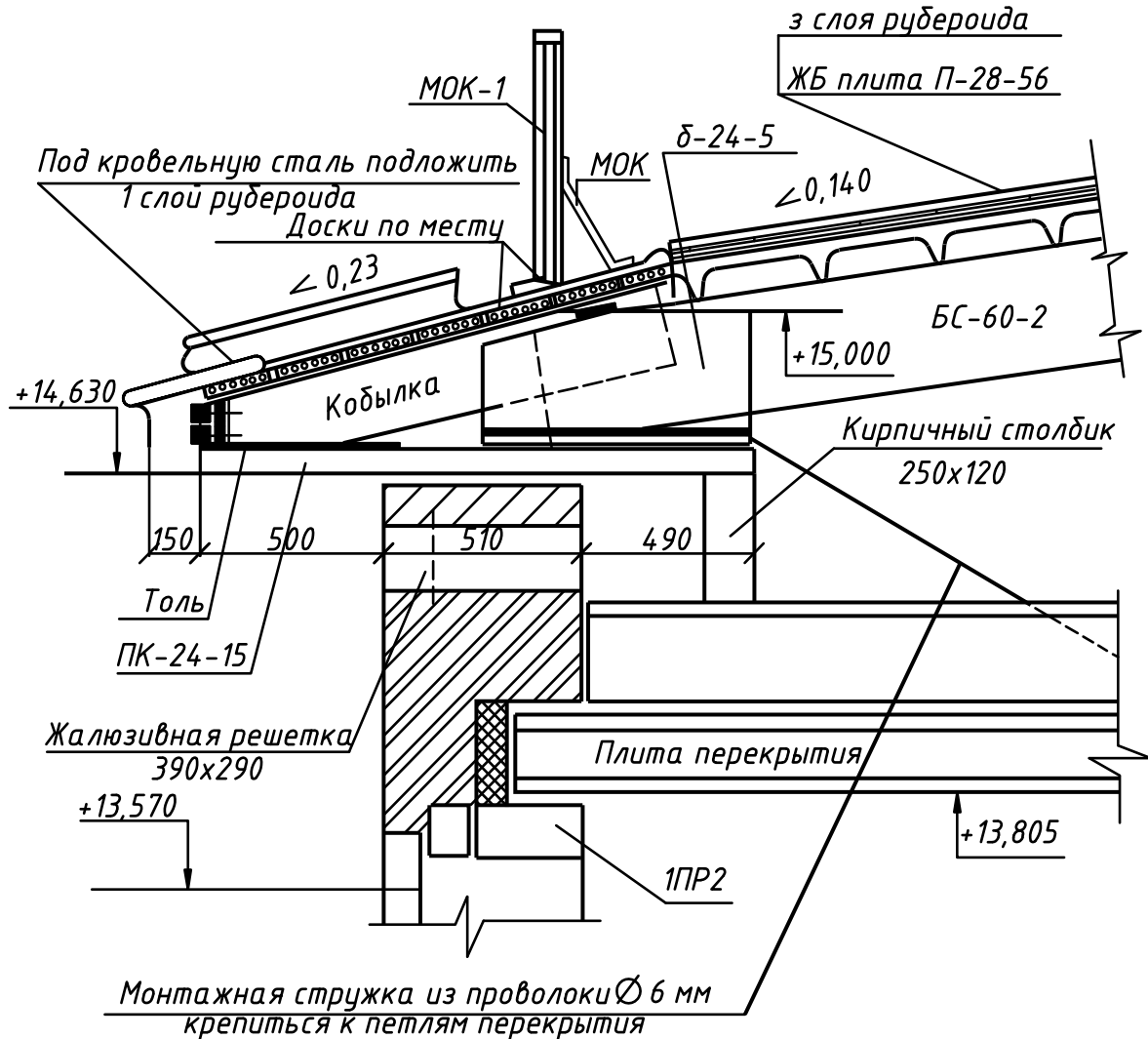


Рис.14.16

Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначают как металлы. Графическое обозначение п. 3 табл. 14.3 следует применять, когда необходимо указывать направление волокон. Графическое обозначение п. 11 следует применять для обозначения кирпичных изделий, обожженных и необожженных огнеупоров, строительной керамики, электротехнического фарфора, шлакобетонных блоков и т. п.

Для уточнения разновидности материала, в частности материалов с однотипным обозначением, графическое обозначение следует сопровождать поясняющей надписью на поле чертежа. В специальных конст-

руктивных строительных чертежах для армирования железобетонных конструкций следует применять обозначения по ГОСТ 21.107-78. Обозначение материала на виде (фасаде) допускается наносить не полностью, а только небольшими участками по контуру или пятнами внутри контура.

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо 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.

Узкие и длинные площади сечений, например штампованных, вальцованных и других подобных деталей, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечения – небольшими участками в нескольких местах. Линии штриховки стекла следует наносить с наклоном $15...20^\circ$ к линии большей стороны контура сечения.

В строительных чертежах допускается на сечениях незначительной площади любой материал обозначать как металл или вообще не применять обозначение, сделав поясняющую надпись на поле чертежа. При больших площадях сечений, а также при указании профиля грунта допускается наносить обозначение лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины.

14.7. Сопровождающие тексты, таблицы, выноски, ссылки

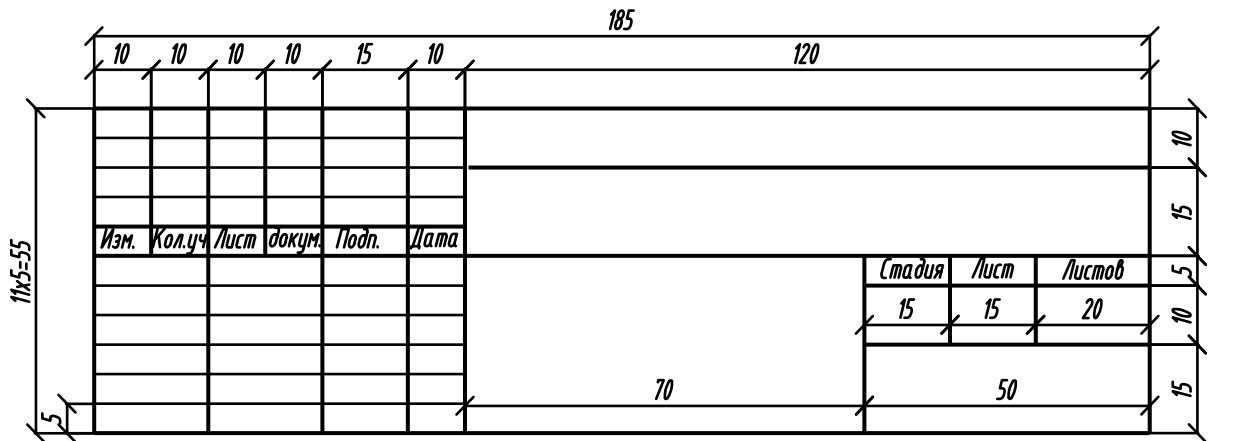
Основные надписи

Все строительные разрезы снабжаются надписями, поясняющими взаиморасположение отдельных деталей, материал, из которого они выполнены, и т.д. Количество надписей должно быть минимальным, но достаточным, чтобы чертеж был правильно понят.

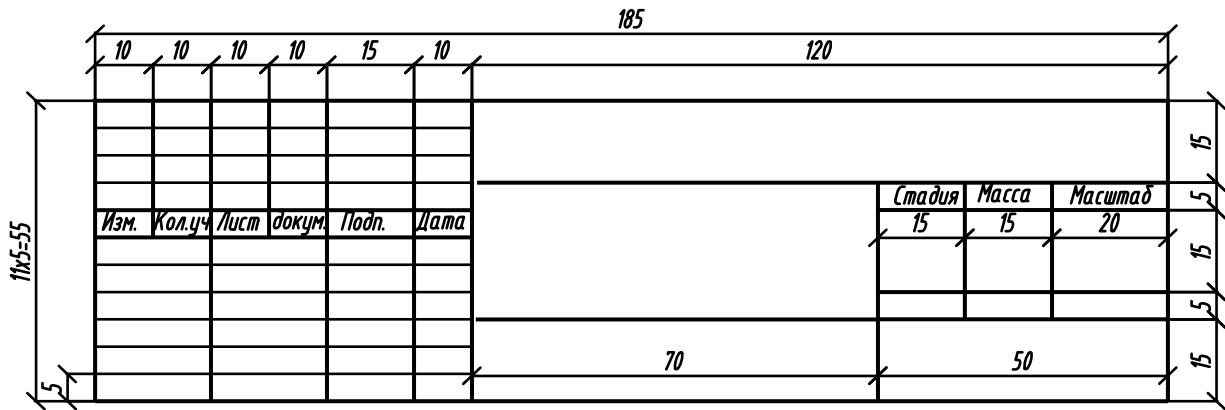
На каждом листе чертежа в штампе помещают основную надпись в соответствии с требованиями ГОСТ 21.103-78 СПДС.

Система проектной документации для строительства устанавливает следующие формы штампов основных надписей:

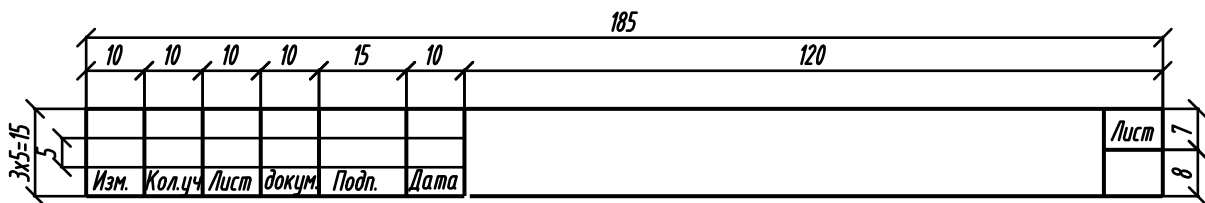
- для листов основного комплекта рабочих чертежей зданий и сооружений (рис.14.17, а);
- для первого листа чертежа или текстового документа строительного изделия (рис.14.17, б);
- для последующих листов чертежа изделий и текстовых документов (рис.14.17, в).



а



б



в

Рис. 14.17

Формы основных надписей, дополнительные графы к ним и рамки выполняются сплошными основными и тонкими линиями по ГОСТ 2.303-68 с изменениями. Расположение основных надписей и дополнительных граф к ним, а также размеры рамок на чертежах и в текстовой документации показаны на рис. 7.1 (см. гл. 7). Основные надписи и дополнительные графы к ним заполняют по ГОСТ Р 21.1101-92 СПДС.

Названия изображений в чертежах располагают сверху и не подчеркивают. Заголовки ведомостей, таблиц также не подчеркиваются.

Если на листе имеется, лишь одно изображение, его название приводят только в основной надписи чертежа.

Разрезу здания или сооружения присваивают общую последовательную нумерацию в пределах каждого основного комплекта чертежей. Допускается обозначать разрезы прописными буквами русского алфавита. В названиях разрезов, сечений и видов указывают обозначение соответствующей секущей плоскости, например:

Разрез 1-1, Вид 2-2

В названиях планов здания и сооружения дают отметку чистого пола этажа, номер этажа или обозначение соответствующей секущей плоскости:

План на отм. 0.000; План по 3-3;

План 2, 4, 6, 8 этажей; План 2-16 этажей

Допускается в названиях планов указывать назначение помещений этажа:

План технического подполья

В названиях фасадов на чертежах зданий или сооружений указывают крайние оси, между которыми расположен фасад:

Фасад 1-12

В названиях фрагментов планов, разрезов и фасадов – порядковые номера фрагментов (арабскими цифрами) (рис.14.18-14.19):

Фрагмент 7

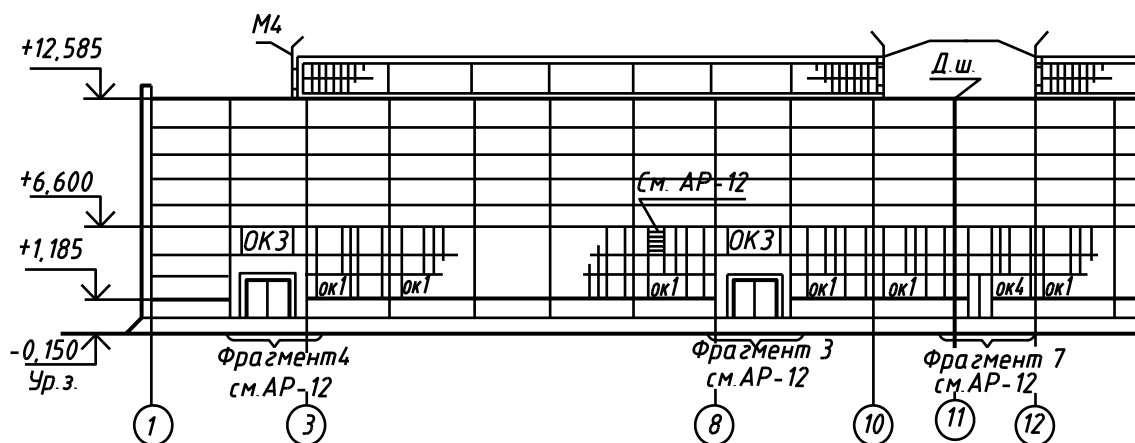


Рис. 14.18

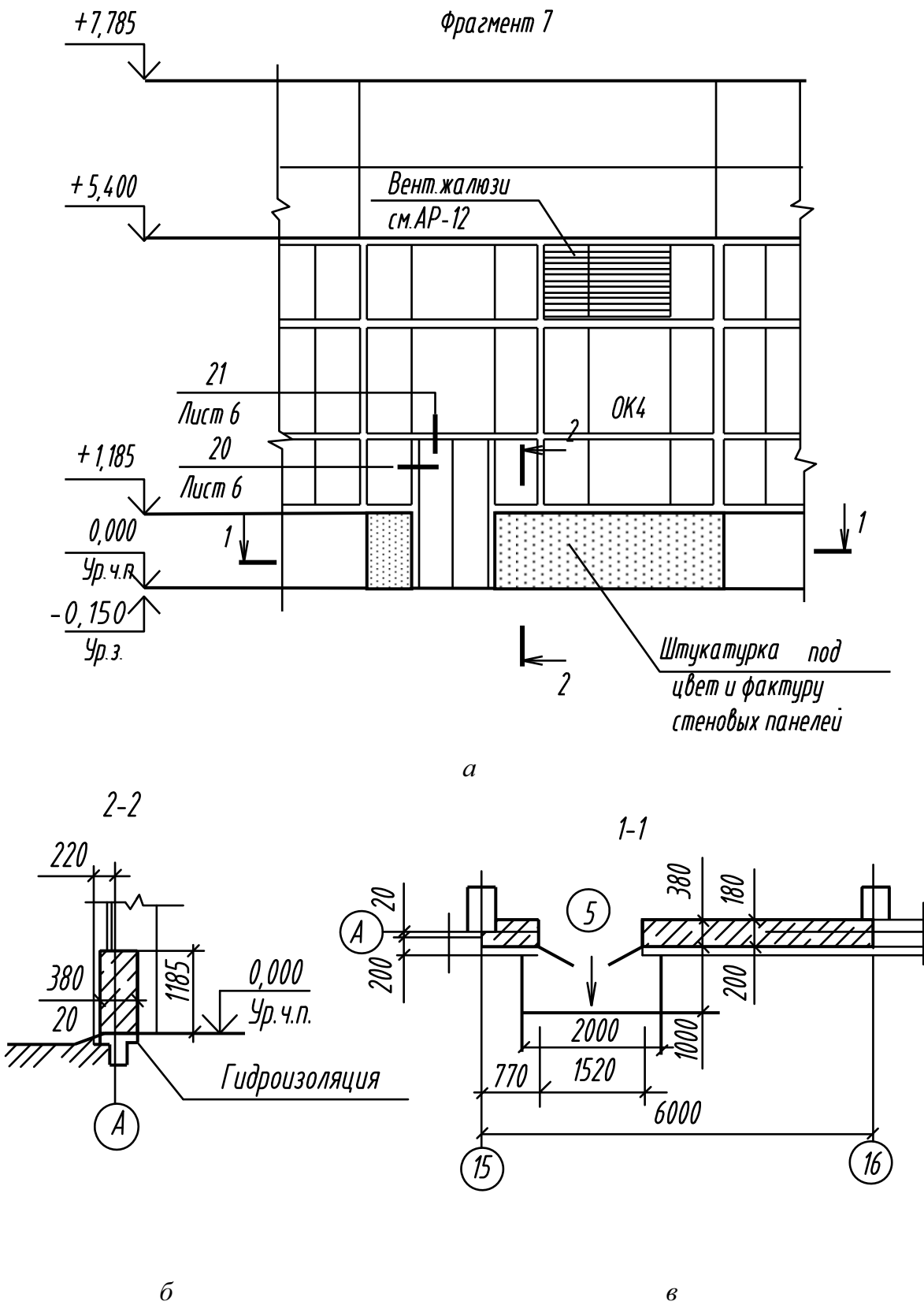


Рис. 14.19

Выносные элементы

Под выносным элементом понимают дополнительное изображение, обычно увеличенное, какой-либо части предмета, требующей графического и другого пояснения в отношении формы, размеров и иных данных. Часть детали или конструкции, которую хотят пояснить, обводят обычно окружностью и обозначают арабской цифрой или прописной буквой на полке линии-выноски, а у выполняемого элемента ставят ту же цифру (рис. 14.20). Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на основном изображении, и может отличаться от него по содержанию, например, изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом.

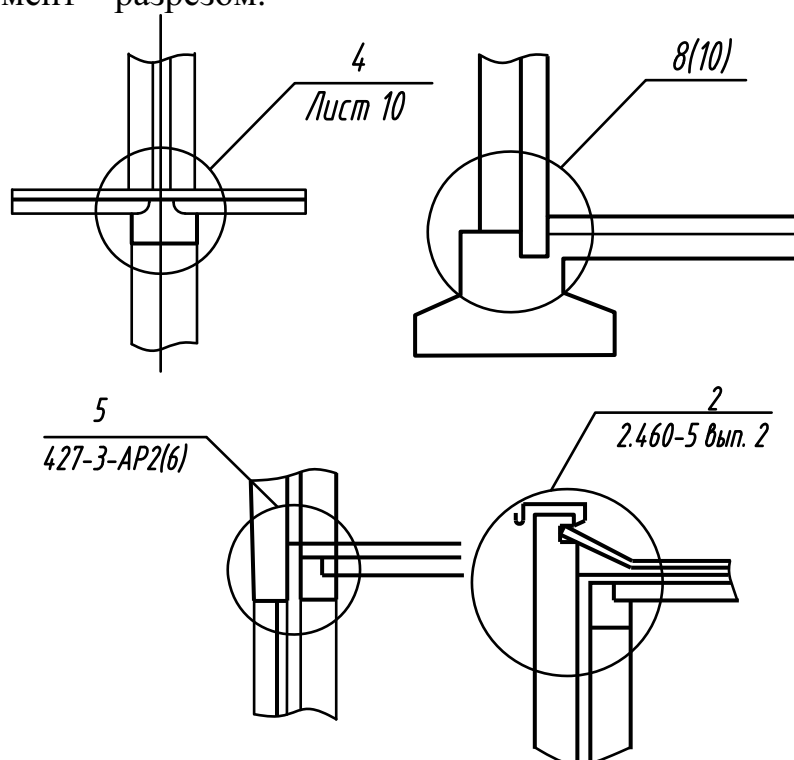


Рис. 14.20

В строительных чертежах выносной элемент имеет особое значение. На нем указываются в более крупном масштабе элементы конструкций, на изображении допускается отмечать его фигурной или квадратной скобкой. У изображения, откуда элемент выносится, и у выносного элемента допускается наносить присвоенное выносному элементу буквенное или цифровое (арабскими цифрами) обозначение и название. Номер выносного элемента ставится в двойном кружке, внутренняя линия которого обводится сплошной основной линией, а наружная – тонкой линией. Выносной элемент располагают как можно ближе к соответствующему месту на изображении изделия.

Спецификации

Допускается совмещение спецификаций со сборочным чертежом независимо от формата листа. В этом случае спецификацию (рис. 14.21, а) располагают над основной надписью на первом листе сборочного чертежа. При совмещении групповой спецификации (рис. 14.21, б) со сборочным чертежом количество граф исполнений не ограничивается. На совмещенном документе основную надпись выполняют по ГОСТ 21.103-78 и присваивают такому документу обозначение, принятое для спецификации.

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание

а

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.		Масса ед., кг	Примечание
			Все-го	20		

б

Рис. 14.21

Спецификацию к схеме расположения выполняют по форме 8 (рис. 14.21, б) ГОСТ 21.104-79. В спецификации элементы сборной конструкции записывают по группам одноименных элементов в порядке возрастания цифр, входящих в их марку. Монолитные элементы записывают в конце спецификации.

Заполнение граф спецификации выполняют по ГОСТ 21.104-79. В спецификации к схемам расположения указывают: в графе «Поз.» – позицию элемента сборной конструкции на схеме расположения; в графе «Обозначение» – обозначение спецификации на элементы сборных конструкций и соответствующих им стандартов рабочих чертежей; в графе «Наименование» – наименование и марку элемента.

Над спецификацией помещают наименование, в котором указывают также наименование соответствующей схемы расположения и при необходимости номер листа, на котором схема расположена. Формы некоторых таблиц, применяемых на строительных чертежах, приведены на рис. 14.22-14.25.

Для сопровождающих текстов применяются следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28 и 40. На архитектурно-строительных чертежах возможно применение узкого архитектурного шрифта, который характеризуется простотой и легкостью чтения: буквы – узкие прямые, ширина их в пределах от 1/4 до 1/8 высоты. Деления на прописные и строчные буквы шрифт не имеет. Расстояние между буквами в словах принимается не менее чем половина их ширины. В заголовках расстояние между буквами в словах увеличивают до 4/5 высоты буквы. Толщина обводки букв составляет 1/15...1/20 их высоты.

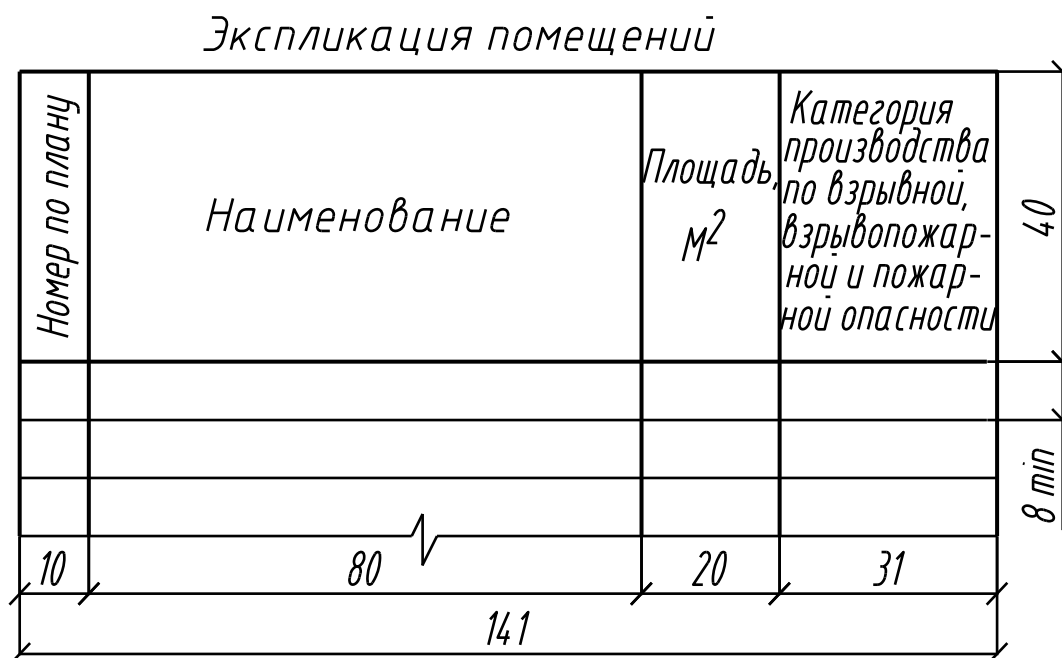


Рис. 14.22

Ведомость отделки помещений Площадь, м²

Наименование или номер помещения	Потолок		Стены или перегородки		Низ стен или пере- городок (панель)			Примечание
40	15	30	15	30	15	30	15	$n \times (15+30)$
								40

15
30
8 min

Ведомость проемов
ворот и дверей

Марка, поз.	Размер проема в кладке
20	70
	90

15
8 min

Ведомость перемычек

Марка, поз.	Схема сечения
20	70
	90

8 min

Рис. 14.23

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед.кг	Приме- чание
		<u>Сборные железобетонные</u> <u>Элементы</u>			
Ф20	Серия 1.112-1, вып.1	Плита фундаментная	65	2440	
Ф28	Серия 1.112-1, вып.1		91	3420	
		<u>Сборные бетонные элементы</u>			
Ф25	Серия 1.116-1, вып. 1	Блок стеновой подвала	65	1630	
ФСН5	Серия 1.116-1, вып. 1	Блок стеновой подвала	87	380	
15	60	65	10	15	20

15
8

Рис. 14.24

Пример заполнения ведомости Экспликация отверстий проемов ворот и дверей

Марка, поз.	Размер проема в кладке, мм
1	3600x3600
2	1510x2370
3	1010x2070
4	810x2070

Тип отв.	Размеры, мм		Отметка низа м	Назначение
	В	Н		
1	400	600	-1,350	Газопровод
2	200	200	-0,930	Устройства связи
3	300	300	-2,750	Водопровод
4	500	400	-1,450	Отопление
5	400	600	-1,510	Канализация
6	500	500	-1,550	
7	400	200	-0,300	Электроснабжение

Ведомость отделки помещений

№ помещения	Наименование	Пол			Потолок	Стены и перегородки
		Площадь на этаж,	№ узлов по ТД 2.140-1, вып.2	Покрытие		
	Жилые комнаты	130,15	87,88	Паркет	побелка	Обои улучшенного качества Синтетические краски и эмали То же Высококачественная клеевая окраска
	Коридоры	32,75				
	Кухни	34,53	167,168	Полимерные материалы		
	Санузлы	14,4	197,198,199	керамическая плитка		
	Лестничные площадки	18,5	197,198,199	То же		
	Встроенные шкафы, кладовые	4,63	67,68	Дощатое	побелка	Синтетические краски и эмали Оклейка обоями
	Антресоли	6,1	—	—	—	Синтетические краски и эмали
	Окна	Синтетические краски и эмали				
	Двери	В комнатах - отделка шпоном, в кухнях и санузлах - синтетические краски и эмали				
10	35	15	30	30	35	30
185						

Рис. 14.25

Вопросы для самоконтроля

1. На какие стадии делится проектирование здания?
2. Какие марки установлены для отдельных частей рабочих чертежей?
3. Что представляют собой координационные оси?
4. Как координационные оси маркируются на плане и разрезе?
5. Как производится привязка элементов?
6. Какой толщины линия контура принимается при обводке строительных чертежей?
7. В каких масштабах выполняются строительные чертежи?
8. Какие размеры различают на строительных чертежах?
9. Какой способ нанесения размеров принимается на строительных чертежах?
10. Как заканчивается размерная линия на пересечении с выносной линией?
11. Что называют планом здания?
12. Какие размеры и отметки наносят на чертежах разрезов и фасадов зданий?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Производство сложных изделий в промышленности потребовало выполнения чертежей в масштабе с указанием размеров. Для их создания используется метод прямоугольного проецирования, изложенный в свое время французским ученым Гаспаром Монжем. Этот метод начертательной геометрии, позволяющий сохранить без искажения размеры изображаемого предмета, широко применяется в настоящее время.

Учебная дисциплина «Начертательная геометрия. 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.

Книга охватывает все темы, предусмотренные программой курса «Начертательная геометрия. Инженерная графика» для студентов технических вузов.

Большое внимание уделено изучению стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

При этом 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. Однако знания, полученные в результате изучения курса, будут своеобразным фундаментом для дальнейшего формирования будущего специалиста.

Развитие науки и техники повышает требования к показателям качества продукции, что в свою очередь усложняет техническую документацию.

Эта книга поможет овладеть знаниями, необходимыми в первую очередь для правильного чтения чертежей современных изделий, а также поможет самостоятельно и грамотно выполнять чертежи.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Краткие сведения о материалах и их обозначениях

В современном машиностроении применяют материалы металлические и неметаллические. От правильного выбора материалов для составных частей изделия зависят его качество, надежность, длительность работоспособности, стоимость.

Ниже приведены краткие сведения о материалах в объеме, необходимом для понимания их условных обозначений, приводимых на чертежах, а при необходимости – их выбора, например при выполнении эскизов или чертежей деталей, если в заданиях нет сведений о материалах.

Черные металлы и сплавы

Ч у г у н ы разделяют на серый, ковкий и легированный со специальными свойствами. Наиболее распространены отливки из *серого чугуна*, выпускаемого по ГОСТ 1412-85, марок 10, 15, 20, 25, 30, 35. Чем больше число, тем чугун тверже и прочнее на растяжение и изгиб. Так, чугун марок 10 и 15 применяют для слабо нагруженных деталей (крышки, кожухи, корпуса подшипников и т.п.); марок 20 – 35 - для станин металлорежущих станков, зубчатых колес и т.п. Для ответственных деталей сложной конфигурации (коленчатые валы, корпуса насосов, поршневые кольца и т.п.) применяют высокопрочный чугун марок 35 – 100 по ГОСТ 7293-85.

Пример обозначения:

СЧ 25 ГОСТ 1412-85; В 450 ГОСТ 7293-85 (слова «серый чугун» или «высокопрочный» не пишут).

Ковкий чугун применяют для изделий, работающих в режиме динамических нагрузок (муфты, шкивы, тормозные колодки, рукоятки, соединительные части трубопроводов и т.п.). По ГОСТ 1215-79 выпускается двух классов: ферритовый (Ф) марок 30–6, 33–9 и т.д. и перлитовый (П) марок 45–7, 50–5 и т.д. Первое число показывает временное сопротивление разрыву; второе - относительное удлинение; чем больше число, тем выше твердость.

Примеры обозначений:

Отливка КЧ 30-6 Ф ГОСТ 1215-79;

Отливка КЧ 60-3 П ГОСТ 1215-79.

Марки *легированных чугунов* и рекомендации по их применению см. ГОСТ 7769-82.

С т а л и подразделяют на углеродистые и легированные.

Сталь углеродистую обыкновенного качества изготавливают по ГОСТ 380-05 семи марок, от 0-й до 6-й (чем выше число, тем сталь тверже, но более хрупкая).

Из стали марок 0 и 1 изготавливают неответственные малонагруженные детали - кожухи, прокладки, трубы и т. п.; из стали марки 3 - заклепки, гайки, шайбы, прокатные стали (швеллеры, двутавры и др.); из стали марок 5 и 6 - более ответственные детали (валы, оси, шпонки, червяки, зубчатые колеса).

Примеры обозначений:

Ст3пс ГОСТ 380-05 - сталь марки 3, полуспокойная;

Ст4кп ГОСТ 380-05 - сталь марки 4, кипящая;

Ст3 ГОСТ 380-05 - обозначение, когда не требуется указания качественной характеристики стали (в частности, на учебных чертежах).

В обозначении стали *пс* с повышенным содержанием марганца после номера марки ставят букву Г, например, *Ст3Гпс ГОСТ 380-05*.

Во всех приведенных примерах слово «сталь» не пишут, т.е. не пишут «Сталь Ст3...» и т. п.

Сталь углеродистую качественную конструкционную изготавливают по ГОСТ 1050-88 с гарантированным химическим составом и механическими свойствами марок 08, 10, 15, 20 и т.д. Чем больше число, тем прочнее сталь.

Пример обозначения:

Сталь 45 ГОСТ 1050-88 (слово «Сталь» пишут обязательно).

Из стали марок 10, 15, 20 изготавливают болты, винты, гайки; из сталей марок 45–60 - ответственные детали: коленчатые валы, шестерни, поршни.

Легированные стали. Легирующие элементы: хром (Х), кремний (С), марганец (Г), никель (Н), медь (Д), молибден (М), титан (Т), фосфор (П), алюминий (Ю), ванадий (Ф), вольфрам (В), кобальт (К), бор (Р), цирконий (Ц), ниобий (Б), редкоземельные элементы (Ч).

Примеры обозначения:

Сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543-71 - высококачественная хромоникелевая сталь, содержащая 0,12% углерода, 2% хрома, 4% никеля (применяют, в частности, для поршневых пальцев автомобильного двигателя);

Сталь ШХ15 ГОСТ 801-78 - шарикоподшипниковая хромистая (1,5%) сталь;

Сталь 65Г ГОСТ 14959-79 - рессорно-пружинная сталь с повышенным содержанием углерода (0,65%) и марганца (применяют для пружинных шайб).

В случае если деталь изготовлена из *сортового материала*, запись должна содержать сведения о сортаменте (в числителе) и материале (в знаменателе), например:

Шестигранник $\frac{8\text{-h } 10 \text{ ГОСТ } 8560\text{-}78}{45\text{-В-5-Т ГОСТ } 1050\text{-}88}$,

где ГОСТ 8560-78 - стандарт на сортамент стали калиброванной шестигранной, с диаметром вписанного круга 8 мм, с полем допуска $h10$ из стали марки 45, категории 5, с качеством поверхности группы В по ГОСТ 1050-88, термически обработанной (Т).

Сталь углеродистая качественная холоднокатаная тонколистовая

Марка стали 20, 45.

Толщина в мм: 0,5; 0,6; 1,0; 0,8; 1,2; 1,5; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; ширина в мм – 800; длина в мм – 1500.

Толщина в мм: 3,5; 3,9; ширина в мм – 1400; длина в мм – 2000.

Толщина в мм: 2,2; 2,5; ширина в мм – 800; длина в мм – 1500.

Пример обозначения:

$$\text{Лист х/к} \frac{0,5 \times 800 \times 1500 \text{ ГОСТ } 19904-74}{20 \text{ ГОСТ } 16523-70}.$$

Горячекатаная полосовая сталь

Марка стали 20, 45.

Толщина от 4 мм до 12 мм через 1 мм; от 14 до 60 мм через 2 мм. Ширина 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 60, 63, 70, 75, 80

Пример обозначения:

$$\text{Полоса} \frac{4 \times 16 \text{ ГОСТ } 103-75}{45 \text{ ГОСТ } 1050-88}.$$

Проволока стальная углеродистая пружинная

Проволока 0,5 ГОСТ 9389-75 .

Цветные металлы и сплавы

А л ю м и н и е в ы е с п л а в ы для литья, обозначают АЛ1, АЛ2 и т.д., дляковки - АК1, АК2 и т.д., обрабатываемые давлением – Д1, Д2 и т.д. (дюралюминий).

Сплав алюминия с кремнием (S1) называют силумином – СИЛ-00, СИЛ-0 и т.д.

Примеры обозначений:

АЛ9 ГОСТ 1583-93 (для отливки тонких сложной формы деталей);

АК8 ГОСТ 4784-97 (для поковок);

ДК16 ГОСТ 4784-97 (для штамповки высокопрочных и легких деталей);

Цифры 9, 8, 16 указывают номер сплава.

Д12 ГОСТ 4784-97 (деформируемые);

АК7 ГОСТ 1583-93 (литейные).

Лист Д16 0,5 × 1200 × 2000 ГОСТ 21631-76;

Пруток Д16 Т КР50×НД ГОСТ 21488-76.

Б р о н з ы подразделяют на оловянные (олово - дорогой, дефицитный материал) и безоловянные.

Примеры обозначения:

БрОЦСН 3-7-5-1 ГОСТ 613-79 – бронза оловянная литейная;

БрОЗЦ12С5 ГОСТ 613-79 – бронза оловянная литейная;

БрОЦ4-3 ГОСТ 5017-74 – бронзы оловянные, обрабатываемые давлением;

БрА9ЖЗЛ ГОСТ 493-79 – бронзы безоловянные;

БрАМц9-2 ГОСТ 18175-78 – бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением.

БрБНТ 1,7 ГОСТ 18175-78 - бронза бериллиевая (применяют для пружин и пружинящих деталей).

Буквы обозначают: О - олово; Ц - цинк; С - свинец; Н - никель; Ф - фосфор; А - алюминий; Ж - железо; Мн - марганец; Б - бериллий; Т - титан; цифры - среднее содержание элементов в %, например; бронза *ОЦСН 3-7-5-1* содержит 3% олова; 7% цинка; 5 % свинца; 1% никеля; остальное-медь.

Пруток Кр6,0 БрОЦ4–3 ГОСТ 6511-60;

Лента БрАМц9-2 – 5×50 ГОСТ 1595-71;

Полоса БрОФ6,5-15 - 1×40 ГОСТ 1761-79;

Проволока БрБ2-0,6 ГОСТ 15837-77.

Л а т у н и – сплавы меди с цинком - дешевле бронз, хорошо обрабатываются. Из них изготавливают трубки, проволоку, листы, прутки и т.д.

Пример обозначения:

ЛС59-1 ГОСТ 15527-70, содержит 59% меди, 1% свинца, остальное - цинк.

Латуни, обрабатываемые давлением:

Л63 ГОСТ 15527-70 – для деталей, получаемых вытяжкой;

Л60 ГОСТ 15527-70 – для штампованных деталей.

Сортамент:

Лист 2×600×1500 Л63 ГОСТ 931-78;

Полоса 0,5×40 Л85 ГОСТ 931-78;

Лента 0,5×250 Л63 ГОСТ 2208-75;

Проволока кр. Л63–0,8 ГОСТ 1066-80.

Пруток ДКРИТ 12 НД ЛС63-3 ГОСТ 2060-90 – пруток тянутый, круглый, нормальной точности изготовления, твердый, диаметром 12 мм, немерной длины, из латуни марки ЛС63, предназначенный для обработки на автоматах.

М е д ь

Прутки М1 кр.50 ГОСТ 1535-71;

Лист 0,5×600×200 М1 ГОСТ 495-77.

Б а б б и т ы - оловянные и свинцовые антифрикционные сплавы.

Пример обозначения:

Б16 ГОСТ 1320-74 (применяют в общем машиностроении);

Б88 ГОСТ 1320-74 (применяют в ответственных конструкциях).

Числа указывают содержание олова в процентах.

Неметаллические материалы

П р е с с - м а т е р и а л А Г - 4 применяют для изготовления прессованием различных деталей и электроизоляции; выпускают по ГОСТ 20437-89 марок В, В10, С (стеклолента) и НС.

Пример обозначения:

Пресс-материал АГ-4 В ГОСТ 20437-89.

При необходимости указывают желательный цвет.

С т е к л о о р г а н и ч е с к о е к о н с т р у к ц и о н н о е выпускают по ГОСТ 10667-90 Е с толщиной листов от 0,8 до 24 мм.

Пример обозначения:

СОЛ 3×400×500 ГОСТ 10667-90, где СОЛ - стекло органическое листовое, толщиной 3 мм, шириной 400 мм и длиной 500 мм.

Т е к с т о л и т электротехнический выпускают по ГОСТ 2910-74.

Пример обозначения:

Текстолит А-10,0 ГОСТ 2910-74, где А – марка, 10,0 – толщина листа, мм.

Г е т и н а к с применяют для изготовления втулок подшипников, маховичков, трубок и т. д. По ГОСТ 2718-74 выпускают семь марок гетинакса, используемых в зависимости от влажности, температуры и других условий среды.

Пример обозначения:

Гетинакс 1 12,0 ГОСТ 2718-74, где 12,0 – толщина листа в мм.

Гетинакс VII 1,5 ГОСТ 2718-74 – гетинакс электротехнический листовой.

К а р т о н прокладочный:

Картон А 1,0 ГОСТ 9347-74,

А – марка картона применяется в среде масла, бензина, воды;

Б – марка картона применяется в среде воды, воздуха.

К а р т о н электроизоляционный:

Картон ЭВ 0,5 ГОСТ 2824-86, где ЭВ – марка, 0,5 – толщина, мм.

К е р а м и к а

Керамика ВК94 ИТУ 11-78 – керамика вакуумплатная.

П а р о н и т и прокладки из него выпускают по ГОСТ 481-80 семи марок: ПОН (общего назначения, для прокладок между неподвижными металлическими деталями); ПМБ (маслобензостойкий) и др.

Пример обозначения:

Паронит ПОН 0,8×300×400 ГОСТ 481-80, где 0,8 – толщина, 300 – ширина и 400 – длина листа, мм.

П л а с т м а с с ы

Пластмасса К-15-2 ГОСТ 5689-79.

Ф е н о п л а с т

Фенопласт Ж1-01-040 черный ГОСТ 5689-79;

Фенопласт 32-330-02 коричневый ГОСТ 5689-79;

Фенопласт 34-100-30 – цвет от желтого до темно – зеленого.

Ф т о р о п л а с т используют для изготовления прокладок, шлангов, манжет, вкладышей подшипников и других изделий.

Пример обозначения:

Фторопласт 4 П ГОСТ 10007-80.

П л а с т и н ы р е з и н о в ы е (I) и р е з и н о т к а н е в ы е (II) выпускают по ГОСТ 7338-90 для вырезки из них прокладок для уплотнения неподвижных соединений марок МС (маслостойкая), МБС (масло- и бензостойкая) и др.

Пример обозначения:

Пластину 1 лист МС-М-3×200×250 ГОСТ 7338-90, где М – мягкая, 3×200×250 – размеры, мм.

Н а б и в к и с а л ь н и к о в ы е. Набивки изготавливают круглого, квадратного и прямоугольного сечений, они бывают крученые, плетеные и скатанные. В зависимости от материала набивки делятся на асбестовые (марка начинается с буквы А) и неасбестовые.

Пример обозначения:

1) набивка сальниковая крученая марки АП-31, квадратного сечения размером 4 мм:

Набивка крученая марки АП-31 4 ГОСТ 5152-84;

2) набивка сальниковая скатанная марки ХБР, круглого сечения размером 8 мм:

Набивка скатанная марки ХБР 8 ГОСТ 5152-84.

А с б е с т о в ы е ш н у р ы. Изготавливают детали: уплотнение сальников вентилях, оплетки изделий и др. Диаметры: 0,7; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 18; 20; 22; 25.

Пример обозначения марки общего назначения диаметром 3 мм:

Шнур асбестовый ШАОН 3 ГОСТ 1779-83.

Построение эллипса

Построение эллипса по двум его осям. На заданных осях эллипса – большой AB и малой CD – строят как на диаметре две concentрические окружности (рис. П1). Одну из них делят на 8...12 равных или неравных частей и через точки деления и центр O проводят радиусы до их пересечения с большой окружностью. Через точки 1, 2, ... деления большой окружности проводят прямые, параллельные малой оси CD , а через точки 1', 2', ... деления малой окружности – прямые, параллельные большой оси AB . Точки пересечения соответствующих прямых принадлежат искомому эллипсу. Полученную совокупность точек, включая точки на большой и малой осях, последовательно соединяют плавной кривой.

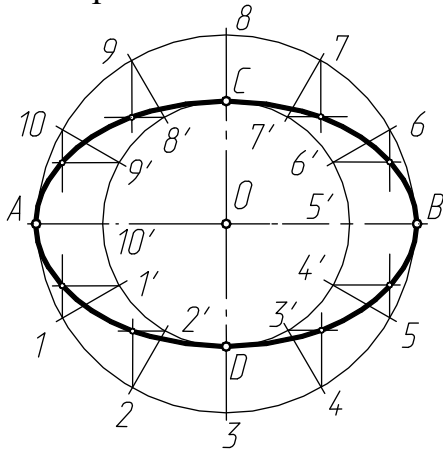


Рис. П1

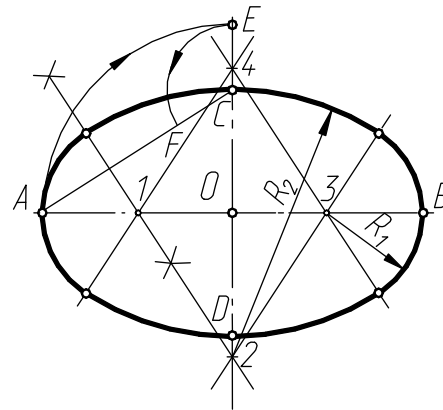


Рис. П2

Построение овала

Овал имеет две оси симметрии. Он представляет собой внутреннее сопряжение двух дуг радиуса R_1 и двух дуг радиуса R_2 , которые проводятся из четырех центров (рис. П2).

Построение овала при заданных его длине и ширине производится следующим образом: проводят две взаимно перпендикулярные оси симметрии и на них по обе стороны от центра овала откладывают половину длины AB и ширины CD . Далее соединяют точки A и C прямой. Из центра овала радиусом $AB/2$ проводят дугу между осями симметрии овала и получают точку E , затем ставят ножку циркуля в точку C и радиусом CE проводят дугу до встречи с линией AC в точке F . Расстояние AF делят пополам и перпендикуляр, проведенный через середину отрезка AF , продолжают до пересечения с вертикальной осью симметрии овала. Точки 1 и 2 пересечения этой линии с осями симметрии являются центрами двух дуг овала. Два других центра 3 и 4 отмечают на осях овала симметрично центрам 1 и 2. Лучи 21, 23, 41, 43 определяют точки сопряжения дуг овала, проводимых из найденных центров.

Размеры стандартизованные**Нормальные линейные размеры (мм) по ГОСТ 6636-69**

(длины, диаметры и др.)

Первый ряд:

1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000.

Второй ряд:

1,2; 2,0; 3,2; 5,0; 8,0; 12; 20; 32; 50; 80; 125; 200; 320; 500; 800.

Третий ряд:

1,1; 1,4; 1,8; 2,2; 2,8; 3,6; 4,5; 5,6; 7,1; 9,0; 11; 14; 18; 22; 28; 36; 45; 56; 71; 90; 110; 140; 180; 220; 280; 360; 450; 560; 710; 900.

Четвертый ряд:

1,05; 1,15; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9; 2,1; 2,4; 2,6; 3,0; 3,4; 3,8; 4,2; 4,8; 5,3; 6,0; 6,7; 7,5; 8,5; 9,5; 10,5; 11,5; 13; 15; 17; 19; 21; 24; 26; 30; 34; 38; 42; 48; 53; 60; 67; 75; 85; 95; 105; 120; 130; 150; 170; 190; 210; 240; 260; 300; 340; 380; 420; 480; 530; 600; 670; 750; 850; 950.

Нормальные углы по ГОСТ 8908-81*Первый ряд:*

0°; 5°; 15°; 20°; 30°; 45°; 60°; 90°; 120°.

Второй ряд:

0°30'; 1°; 2°; 3°; 4°; 6°; 7°; 8°; 10°; 40°; 75°.

Третий ряд:

0°15'; 0°45'; 1°30'; 2°30'; 9°; 12°; 18°; 22°; 25°; 35°; 50°; 55°; 65°; 70°; 80°; 85°; 100°; 110°; 135°; 150°; 165°; 180°; 270°; 360°.

Уклоны по ГОСТ 8908-81

1:10; 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500

Нормальные конусности и углы конусов по ГОСТ 8593-81

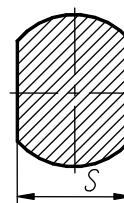
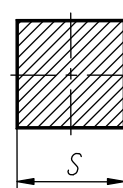
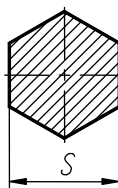
1:500; 1:200; 1:100; 1:50; 1:30; 1:20; 1:15; 1:12*; 1:10; 1:8; 1:7; 1:6; 1:5; 1:4; 1:3.

30°; 45°; 60°; 75°; 90°; 120°.

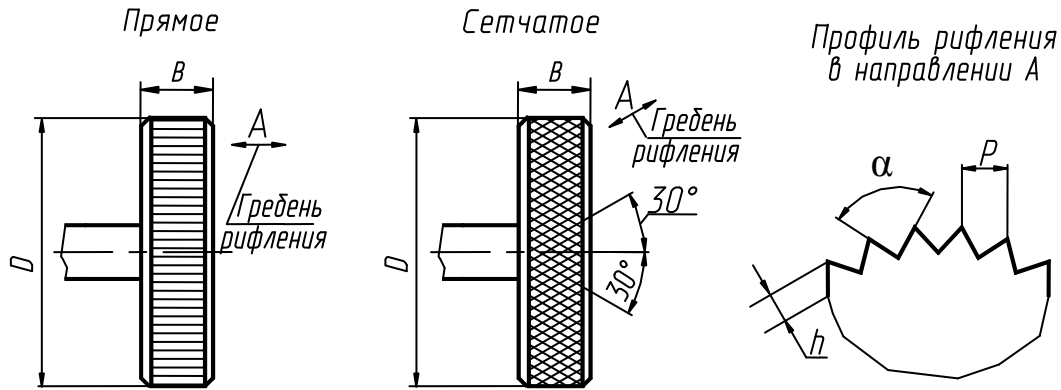
* – Конус Морзе

Номинальные размеры «под ключ» по ГОСТ 6424-73

3,2; 4; 5; 5,5; 7; 8; 10; 12; 13; 14; 16; 17; 18; 19; 21; 22; 24; 27; 30; 32; 34; 36; 41; 46; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 115; 120; 130; 135; 145; 150; 155; 165; 170; 175; 180; 185; 200; 210; 225.



Рифления наружных поверхностей (по ГОСТ 21474-75)



Параметры рифлений: для стали $h = 0,25 - 0,7 P$; $\alpha = 70^\circ$;
 для цветных металлов и сплавов $h = 0,25 - 0,5 P$; $\alpha = 90^\circ$;

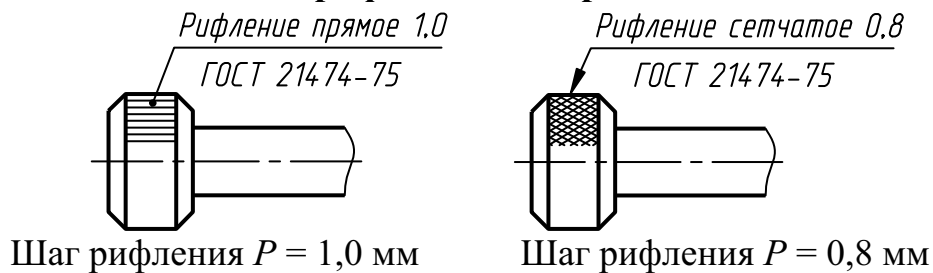
Рифления прямые для всех материалов

Ширина накатываемой поверхности B	Диаметр накатываемой поверхности D					
	до 8	св. 8 до 16	св. 16 до 32	св. 32 до 63	св. 63 до 125	св. 125
	Шаг рифлений P					
До 4	0,5	0,5				
Свыше 4 до 8		0,6	0,6	0,6	0,8	1,0
Свыше 8 до 16			0,8	0,8	1,0	1,0
Свыше 16 до 32		1,0		1,0	1,2	1,6
Свыше 32		1,2	1,6			

Рифления сетчатые

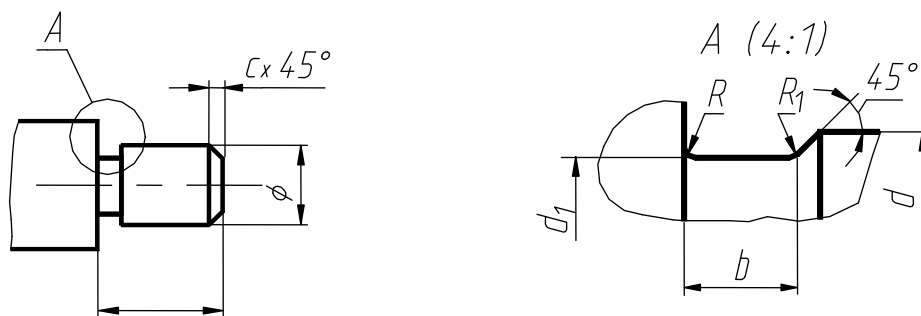
Материалы заготовок	Ширина накатываемой поверхности B	Диаметр накатываемой поверхности D					
		до 8	св. 8 до 16	св. 16 до 32	св. 32 до 63	св. 63 до 125	св. 125
Цветные металлы и сплавы	До 8	-	0,6	0,6	0,6	0,8	-
	Св. 8 до 16			0,8	1,0	1,0	-
	Св. 16 до 32			1,0	1,2	1,6	-
	Свыше 32			1,2	1,6	-	-
Сталь	До 8	0,8	1,0	0,8	0,8	-	-
	Св. 8 до 16			1,0	1,0	-	-
	Св. 16 до 32			1,2	1,2	-	-
	Свыше 32			1,6	-	-	-

Примеры условного изображения и обозначения рифлений на чертеже

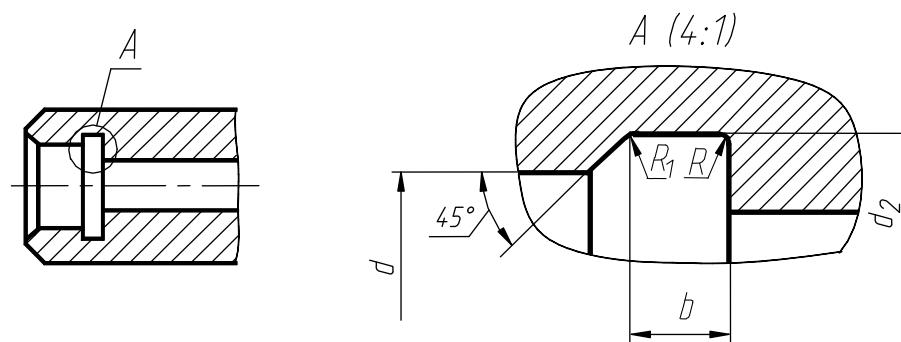


Канавки для выхода шлифовального круга при круглом шлифовании

По наружному диаметру



По внутреннему диаметру



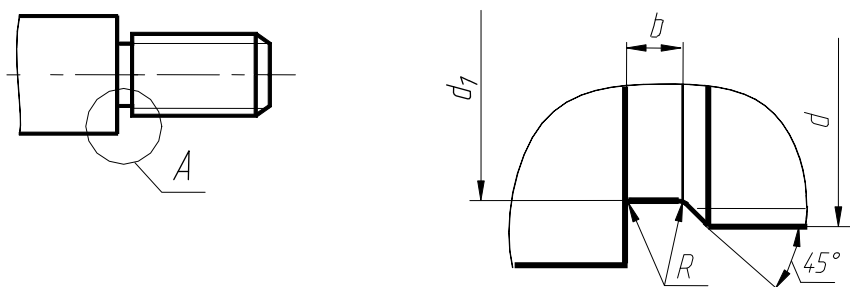
Размеры канавок (мм)

d	d_1	d_2	b	R	R_1
До 10	$d - 0,3$	$d + 0,3$	1,0	0,3	0,2
			1,6	0,5	0,3
			2,0	0,5	0,3
Св.10 до 50	$d - 0,5$	$d + 0,5$	3,0	1,0	0,5
Св.50 до 100	$d - 1,0$	$d + 1$	5,0	1,6	0,5
Св. 100	$d - 1,0$	$d + 1$	8,0	2,0	1,0
			10,0	3,0	1,0

Проточки для резьб

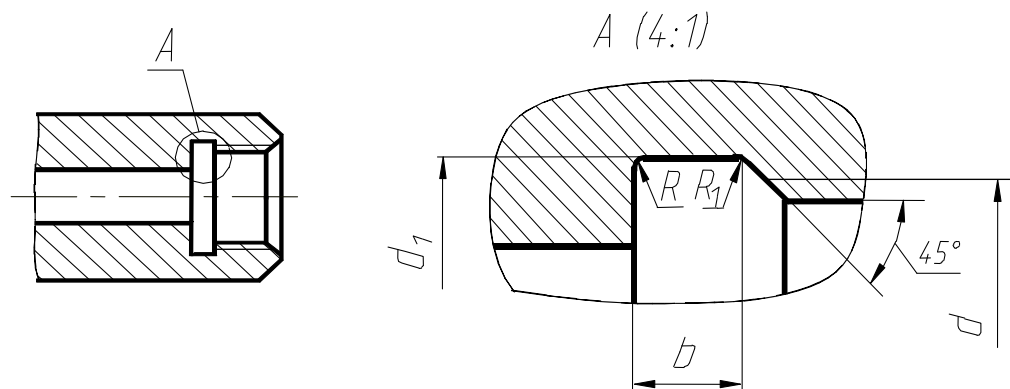
Размеры проточек для наружной метрической резьбы по ГОСТ 27148-86

A (4:1)



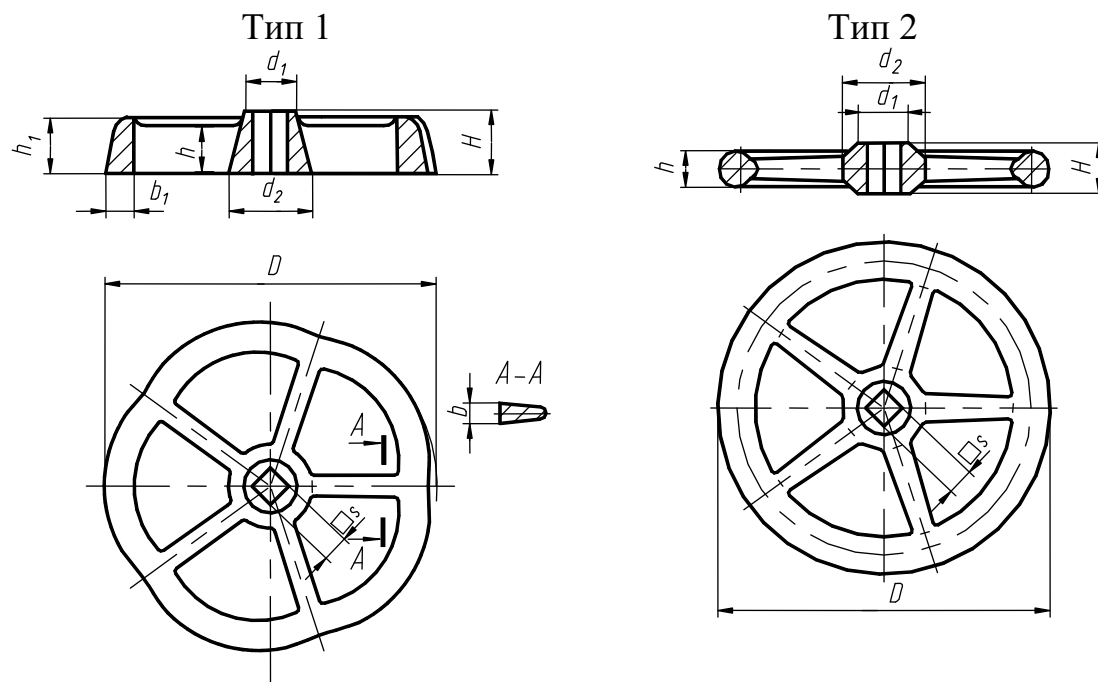
Шаг резь- бы <i>P</i>	Проточка		d_1	$R \approx 0,5P$
	Нормальная	Узкая		
	b_{min}			
0,20	0,45	0,25	$d - 0,3$	0,1
0,25	0,55	0,25	$d - 0,4$	0,12
0,30	0,6	0,3	$d - 0,5$	0,15
0,35	0,7	0,4	$d - 0,6$	0,17
0,40	0,8	0,5	$d - 0,7$	0,2
0,45	1,0	0,5	$d - 0,7$	0,22
0,50	1,1	0,5	$d - 0,8$	0,25
0,60	1,2	0,6	$d - 1,0$	0,3
0,70	1,5	0,8	$d - 1,1$	0,35
0,75	1,6	0,9	$d - 1,2$	0,4
0,80	1,7	0,9	$d - 1,3$	0,4
1,00	2,1	1,1	$d - 1,6$	0,5
1,25	2,7	1,5	$d - 2,0$	0,6
1,50	3,2	1,8	$d - 2,3$	0,75
1,75	3,9	2,1	$d - 2,6$	0,9
2,00	4,5	2,5	$d - 3,0$	1,0
2,50	5,6	3,2	$d - 3,6$	1,25
3,00	6,7	3,7	$d - 4,4$	1,5
3,50	7,7	4,7	$d - 5,0$	1,75
4,00	9,0	5,0	$d - 5,7$	2,0
4,50	10,5	5,5	$d - 6,4$	2,25
5,00	11,5	6,5	$d - 7,0$	2,5
5,50	12,5	7,5	$d - 7,7$	2,75
6,00	14,0	8,0	$d - 8,8$	3,0

**Размеры проточек для внутренней метрической резьбы
по ГОСТ 27148-86**



Шаг резьбы <i>P</i>	Проточка		<i>d</i> ₁	<i>R</i> ≈ 0,5 <i>P</i>
	нормальная	узкая		
	<i>b</i> _{min}			
0,2	0,8	0,5	<i>d</i> +0,1	0,1
0,25	1,0	0,6	<i>d</i> +0,1	0,12
0,3	1,2	0,75	<i>d</i> +0,1	0,15
0,35	1,4	0,9	<i>d</i> +0,2	0,17
0,4	1,6	1,0	<i>d</i> +0,2	0,2
0,45	1,8	1,1	<i>d</i> +0,2	0,22
0,5	2,0	1,25	<i>d</i> +0,3	0,25
0,6	2,4	1,5	<i>d</i> +0,3	0,3
0,7	2,8	1,75	<i>d</i> +0,3	0,35
0,75	3,0	1,9	<i>d</i> +0,3	0,4
0,8	3,2	2,0	<i>d</i> +0,3	0,4
1,0	4,0	2,5	<i>d</i> +0,5	0,5
1,25	5,0	3,2	<i>d</i> +0,5	0,6
1,5	6,0	3,8	<i>d</i> +0,5	0,75
1,75	7,0	4,3	<i>d</i> +0,5	0,9
2,0	8,0	5,0	<i>d</i> +0,5	1,0
2,5	10,0	6,3	<i>d</i> +0,5	1,25
3,0	12,0	7,5	<i>d</i> +0,5	1,5
3,5	14,0	9,0	<i>d</i> +0,5	1,75
4,0	16,0	10,0	<i>d</i> +0,5	2,0
4,5	18,0	11,0	<i>d</i> +0,5	2,25
5,0	20,0	12,5	<i>d</i> +0,5	2,5
5,5	22,0	14,0	<i>d</i> +0,5	2,75
6,0	24,0	15,0	<i>d</i> +0,5	3,0

Маховики чугунные (ГОСТ 5260-75)



Диаметр маховика D	h_1	Ступица				Спица			Обод
		H	s	d_1	d_2	К-во	h	b	b_1
50	10	10	6; 7	14	18	5	6	5	5
65	10	10	6; 7	16	20	5	7	6	5
80	12	12	7; 9	18	22	5	10	6	6
100	14	14	7; 9; 11	22	26	5	11	7	7
120	16	16	9; 11; 14	26	30	5	12	8	8
140	18	18	11; 14	32	36	5	13	9	9

Примечания: 1. Пример обозначения маховика типа 1 с размерами $D = 200$ мм и $s = 11$ мм:

Маховик 1-200 × 11 ГОСТ 5260-75;

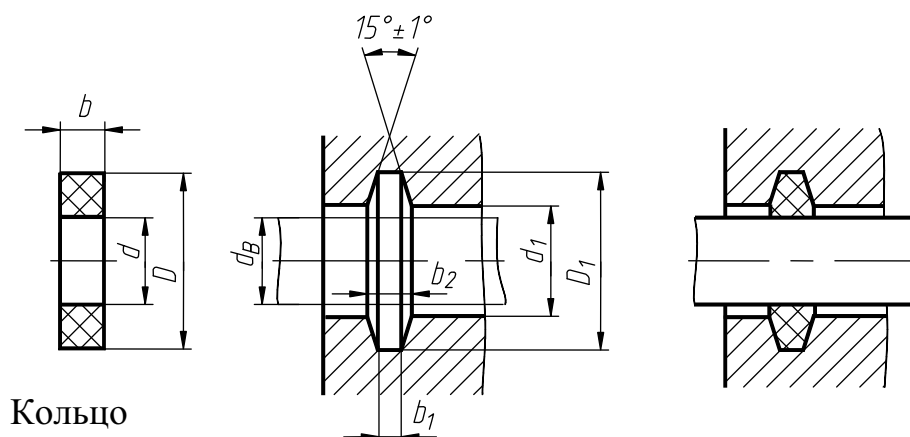
типа 2, исполнения А, с размерами $D = 400$ мм и $s = 27$ мм:

Маховик 2-А-400 × 27 ГОСТ 5260-75.

2. Маховик типа 2 изготавливается трех исполнений: А – с квадратным призматическим отверстием в ступице; Б – с квадратным пирамидальным отверстием в ступице; В – с цилиндрическим отверстием в ступице (для крепления на шпонках).

3. Типы маховиков: 1 – плоский с волнистым ободом, 2 – плоский с круглым ободом.

Сальниковые войлочные кольца и канавки для них



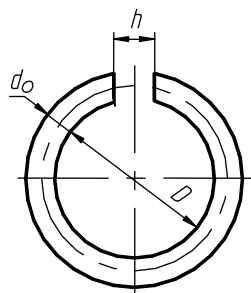
Кольцо

Вал	Кольцо			Канавка			
d_g	d	D	b	D_1	d_1	b_1	b_2
10	9	18		19	11		
12	11	20	2,5	21	13	2,0	3,0
15	14	23		24	16		
18	17	28		29	19		
20	19	30	3,5	31	21	3,0	4,3
22	21	32		33	23		
25	24	37		38	26		
28	27	40		41	29		
30	29	42		43	31		
32	31	44		45	33		
35	34	48		48	36		
38	37	50	5,0	51	39	4,0	5,5
40	39	52		53	41		
42	41	54		55	43		
45	44	57		58	46		
48	47	60		61	49		
50	49	66		67	51		
55	54	71	6,9	72	56	5,0	7,1
60	59	76		77	61		
65	64	81		82	66		
70	69	88	7,0	89	71	6,0	8,3

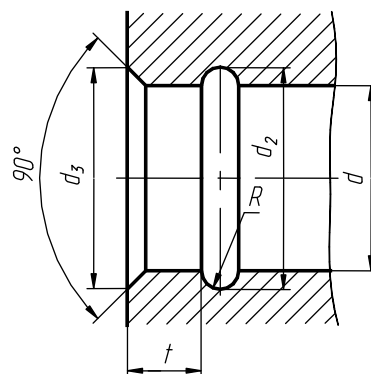
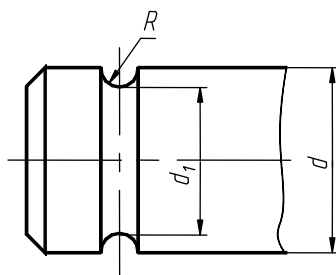
Пример обозначения кольца из грубошерстного войлока $D = 52$ мм, $d = 39$ мм, $b = 5$ мм (для уплотнения $d_g = 40$ мм):

Кольцо СГ 52-39-5 $\frac{\text{ГОСТ 6418-67}}{\text{МН 180-61}}$

Кольца запорные (МН 470-61) и проточки для них



Кольцо

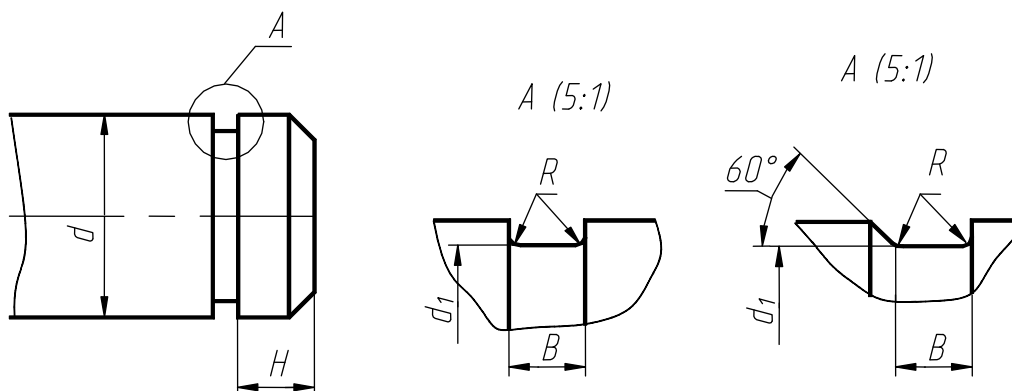


Номинальный диаметр оси или отверстия d	Кольцо			Проточки наружная и внутренняя				
	d_0	D	h	d_1	R	d_2	d_3	t
10	0,8	9,2	4,0	9,6	0,4	10,4	11,2	1,6
12	1,0	11,0	6,0	11,4	0,6	12,6	13,5	2,5
14		13,0		13,4		14,6	15,5	
16	1,6	14,5	10,0	15,0	1,0	17,0	18	3,0
18		16,5		17,0		19,0	20	
20	2,0	18,5	10,0	18,8	1,2	21,2	22,5	4,0
22		20,5		20,8		23,2	24,5	
25		23,5		23,8		26,2	27,5	
28		26,2		26,8		29,2	30,5	
32	2,5	30,0	12,0	30,5	1,6	33,5	35,5	5,0
36		34,5		34,5		37,5	39,5	
38		36,0		36,5		39,5	41,5	
40		38,0		38,5		41,5	43,5	
42		40,0	40,5	43,5		45,5		
45		43,0	43,5	46,5		48,5		
48		46,0	46,5	49,5		51,5		
50		48,0	48,5	51,5		53,5		
55	3,2	52	20	53,0	2,0	57,5	60,0	6,0
60		57		58,0		62,5	65,0	
65		62		63,0		67,5	70,0	
70		67		68,0		72,5	75,0	

Пример обозначения кольца для $d = 20$ мм:

Кольцо запорное 20 МН 470-61.

Наружные эксцентрические кольца (ГОСТ 13942-68) и канавки для них

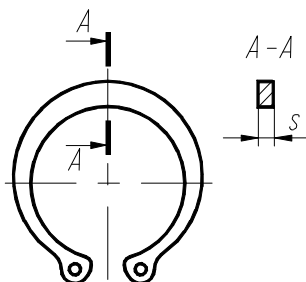


d	d_1	B	R	H	S	d	d_1	B	R	H	S
10	9,5	1,2	0,1	0,75	1,0	32	30,2	1,4	0,1	2,7	1,2
12	11,3			1,1		34	32,2				
15	14,1			1,4		35	33,0	1,9	0,2	3,0	1,7
18	16,8	1,4		1,8	1,2	38					
20	18,6			2,1		40	37,0				
22	20,6			2,3		45	42,5				
24	22,5			48		45,5	2,2	4,5	2,0		
25	23,5			50		47,0					
28	26,5	55	52,0								
30	28,5	60	57,0								

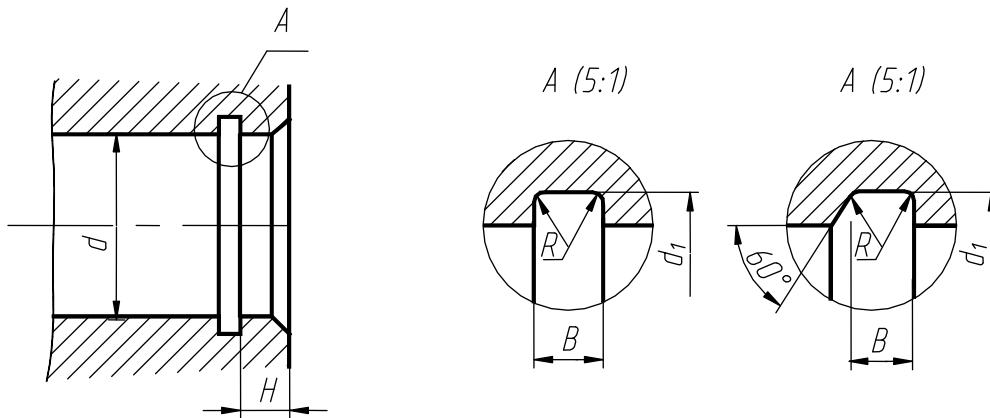
Примечания: 1. Пример обозначения пружинного упорного плоского наружного эксцентрического штампованного кольца с отклонением от плоскости по группе А, для закрепления подшипника или детали на валу диаметром $d = 30$ мм:

Кольцо А30 ГОСТ 13942-68.

2. Материал колец – сталь 65Г по ГОСТ 14959-79 или другие пружинные стали, обеспечивающие физико-механические свойства не ниже стали 65Г.



Внутренние эксцентрические кольца (ГОСТ 13943-68) и канавки для них

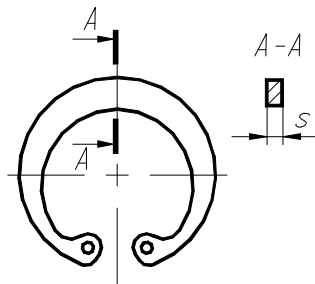


d	d_1	B	R	H	S	d	d_1	B	R	H	S
15	15,9	1,2	1,0	1,4	1,0	45	47,5	1,9	0,2	3,8	1,7
18	19,2			1,8		50	53,0			4,5	
20	21,4			2,1		55	58,0				
22	23,4					60	63,0				
25	26,5	1,4		2,3	1,2	65	68,0				2,0
28	29,5					70	73,0				
30	31,5					75	78,0				
35	37,0			3,0		80	83,5			2,2	
38	40,0	1,9				85	88,5				
40	42,5			90		93,5					

Примечания: 1. Пример обозначения пружинного упорного внутреннего эксцентрического штампованного кольца с отклонением от плоскости по группе Б для закрепления подшипника или детали в корпусе с отверстием $d = 30$ мм:

Кольцо Б30 ГОСТ 13943-68.

2. Материал колец – сталь 65Г по ГОСТ 14959-79 или другие пружинные стали, обеспечивающие физико-механические свойства не ниже стали 65Г.



Диаметры и шаги метрической цилиндрической резьбы общего назначения для диаметров от 2,0 до 200 мм по ГОСТ 8724-81

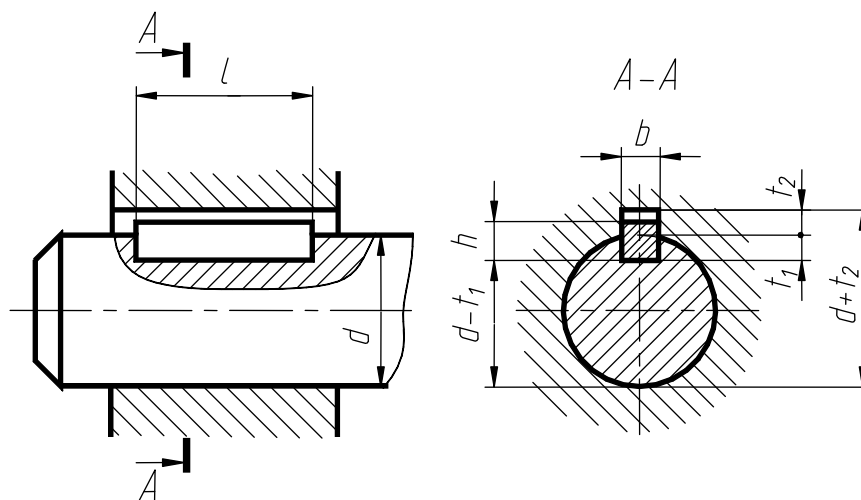
Диаметр d резьбы для ряда			Шаг P	
1	2	3	крупный	мелкий
2,0	-	-	0,40	0,25
-	2,2	-	0,45	0,25
2,5	-	-	0,45	0,35
3,0	-	-	0,50	0,35
-	3,5	-	(0,60)	0,35
4,0	-	-	0,70	0,5
-	4,5	-	(0,75)	0,5
5,0	-	-	0,80	0,5
-	-	(5,5)	-	0,5
6,0	-	-	1,0	0,75; 0,5
-	-	7	1,0	0,75; 0,5
8,0	-	-	1,25	1; 0,75; 0,5
-	-	9	(1,25)	1; 0,75; 0,5
10,0	-	-	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
-	-	11,0	(1,5)	1; 0,75; 0,5
12,0	-	-	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
-	14,0	-	2,0	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
-	-	15,0	-	1,5; (1)
16,0	-	-	2,0	1,5; 1; 0,75; 0,5
-	-	17,0	-	1,5; (1)
-	18,0	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
20,0	-	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
-	22,0	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24,0	-	-	3,0	2; 1,5; (1)
-	-	25,0	-	2; 1,5; (1)
-	-	(26,0)	-	1,5
-	27,0	-	3,0	2; 1,5; 1; 0,75
-	-	(28,0)	-	2; 1,5; 1
30,0	-	-	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
-	-	(32,0)	-	2; 1,5
-	33,0	-	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
-	-	35,0	-	1,5
36,0	-	-	4,0	3; 2; 1,5; 1;
-	-	(38,0)	-	1,5
-	39,0	-	4,0	3; 2; 1,5; 1
-	-	40,0	-	(3); 2; 1,5
42,0	-	-	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	45,0	-	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48,0	-	-	5,0	(4); 3; 2; 1,5; 1

Диаметр d резьбы для ряда			Шаг P	
1	2	3	крупный	мелкий
-	-	50,0	-	(3); (2); 1,5
-	52,0	-	5,0	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	-	55,0	-	(4); 3; 2; 1,5
56,0	-	-	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	58,0	-	(4); (3); 2; 1,5
-	60,0	-	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	62,0	-	(4); (3); 2; 1,5
64,0	-	-	6,0	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	65,0	-	(4); (3); 2; 1,5
-	68,0	-	6,0	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	70,0	-	(6); (4); (3); 2; 1,5
72,0	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	75,0	-	(4); (3); 2; 1,5
-	76,0	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	(78,0)	-	2
80,0	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	(82,0)	-	2
-	85,0	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
90,0	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	95,0	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
100,0	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	105,0	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
110,0	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	115,0	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	120,0	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
125,0	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	130,0	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	135,0	-	6; 4; 3; 2; 1,5
140,0	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	145,0	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	150,0	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	155,0	-	6; 4; 3; 2
160,0	-	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	165,0	-	6; 4; 3; 2
-	170,0	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	175,0	-	6; 4; 3; 2
180,0	-	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	185,0	-	6; 4; 3; 2
-	190,0	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	195,0	-	6; 4; 3; 2
200,0	-	-	-	6; 4; 3; 2

**Основные размеры трубной цилиндрической резьбы
по ГОСТ 6357-81**

Обозначение размера резьбы (<i>d</i> , дюймы)		Число шагов <i>z</i> на дли- не 25,4 мм	Шаг <i>P</i> , мм	Диаметр, мм	
				Наружный	Внутренний
Ряд 1	Ряд 2			<i>d = D</i>	<i>d = D</i>
¹ / ₁₆	-	28	0,907	7,723	6,561
¹ / ₈	-			9,728	8,566
¹ / ₄	-	19	1,337	13,157	11,445
³ / ₈	-			16,662	14,950
¹ / ₂	-	14	1,814	20,955	18,631
-	³ / ₈			22,911	20,587
³ / ₄	-			26,441	24,117
-	⁷ / ₈			30,201	27,877
1	-	11	2,309	33,249	30,291
-	1 ¹ / ₈			37,897	34,939
1 ¹ / ₄	-			41,910	38,952
-	1 ³ / ₈			44,323	41,365
1 ¹ / ₂	-			47,803	44,845
-	1 ³ / ₄			53,746	50,788
2	-			59,614	56,656
-	2 ¹ / ₄			65,710	62,752
2 ¹ / ₂	-			75,184	72,226
-	2 ³ / ₄			81,534	78,576
3	-			87,884	84,926
-	3 ¹ / ₄			93,980	91,022
3 ¹ / ₂	-			100,330	97,372
-	3 ³ / ₄			106,680	103,722
4	-			113,030	110,072
-	4 ¹ / ₂			125,730	122,772
5	-			138,430	135,472
-	5 ¹ / ₂			151,130	148,172
6	-	163,830	160,872		

**Соединение шпоночное с призматическими шпонками
(ГОСТ 23360-78)**



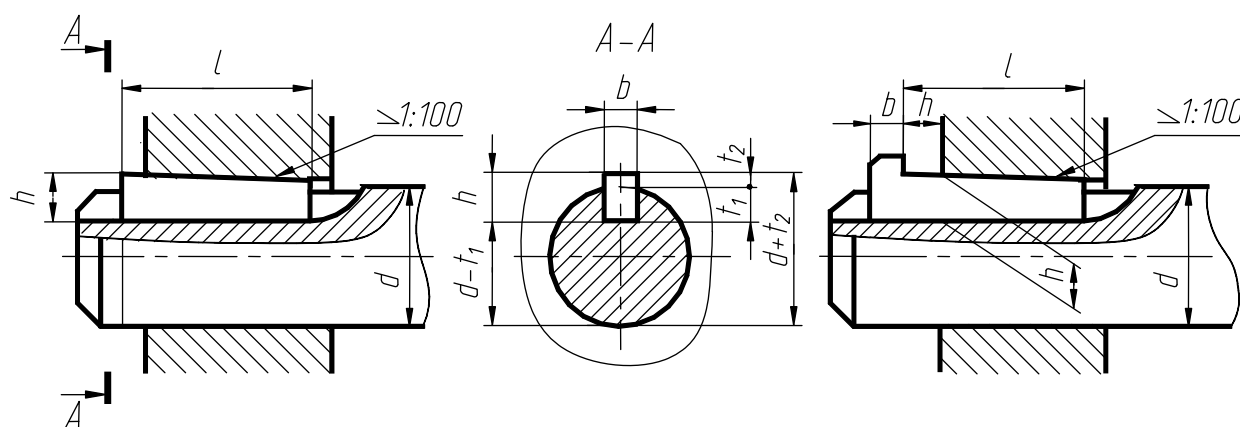
Диаметр вала d	Сечение шпонки $b \times h$	Глубина шпоночного паза		Длина шпонки l		
		вал t_1	втулка t_2	от	до	ряд длин
Св. 10 до 12 Св. 12 до 17 Св. 17 до 22	4×4 5×5 6×6	2,5 3,0 3,5	1,8 2,3 2,8	8 10 14	45 56 70	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220...500
Св. 22 до 30 Св. 30 до 38 Св. 38 до 44 Св. 44 до 50	8×7 10×8 12×8 14×9	4,0 5,0 5,0 5,0	3,3 3,3 3,3 3,3	18 22 28 36	90 110 140 160	
Св. 50 до 58 Св. 58 до 65 Св. 65 до 75	16×10 18×11 20×12	6,0 7,0 7,5	4,3 4,4 4,9	45 50 56	180 200 220	

Пример обозначения:

Шпонка 2-18×11×100 ГОСТ 23360-78,

где 2 – исполнение, 18 – ширина, 11 – высота, 100 – длина шпонки.

Соединение шпоночное с клиновыми шпонками
(ГОСТ 24068-80)



Диаметр вала d	Сечение шпонки $b \times h$	Глубина шпоночного паза	
		вал t_1	втулка t_2
Св. 10 до 12	4 × 4	2,5	1,2
Св. 12 до 17	5 × 5	3,0	1,7
Св. 17 до 22	6 × 6	3,5	2,2
Св. 22 до 30	8 × 7	4,0	2,2
Св. 30 до 38	10 × 8	5,0	2,4
Св. 38 до 44	12 × 8	5,0	2,4
Св. 44 до 50	14 × 9	5,0	2,9
Св. 50 до 58	16 × 10	6,0	3,4
Св. 58 до 65	18 × 11	7,0	3,4
Св. 65 до 75	20 × 12	7,5	3,9

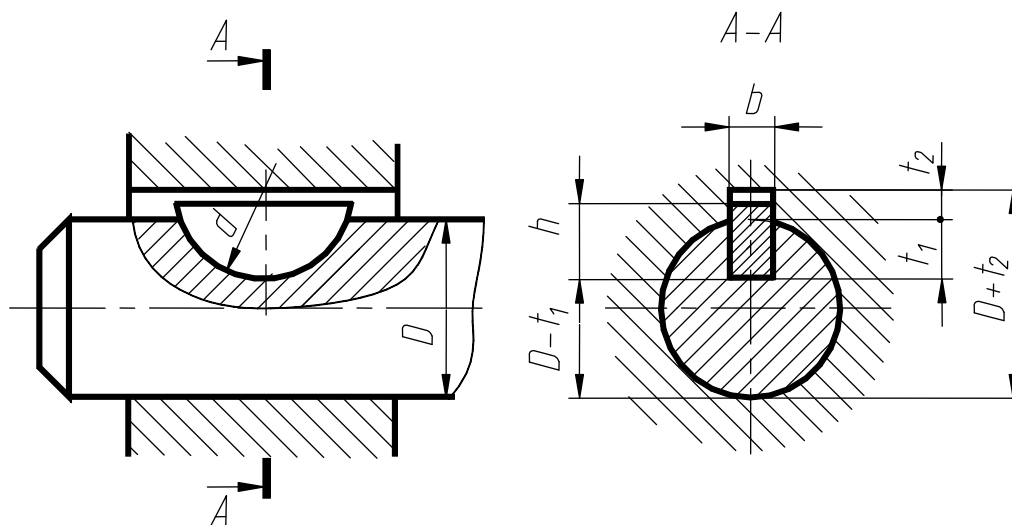
Примечание. Длина клиновой шпонки аналогична длине призматической шпонки.

Пример обозначения:

Шпонка 4-18×11×100 ГОСТ 24068-80,

где 4 – исполнение, 18 – ширина, 11 – высота, 100 – длина шпонки.

**Соединение шпоночное с сегментными шпонками
(ГОСТ 24071-80)**



Диаметр вала D		Размеры шпонки		Глубина шпоночного паза	
Назначение шпонки				вал t_1	втулка t_2
передача крутящих моментов	фиксация элементов	$b \times h$	d		
Св. 6 до 7	Св. 8 до 10	2×3,7	10	2,9	1,0
Св. 7 до 8	Св. 10 до 12	2,5×3,7	10	2,7	1,2
Св. 8 до 10	Св. 12 до 15	3×5х	13	3,8	1,4
Св. 10 до 12	Св. 15 до 18	3×6,5	16	5,3	1,4
Св. 12 до 14	Св. 18 до 20	4×6,5	16	5,0	1,8
Св. 14 до 16	Св. 20 до 22	4×7,5	19	6,0	1,8
Св. 16 до 18	Св. 22 до 25	5×6,5	16	4,5	2,3
Св. 18 до 20	Св. 25 до 28	5×7,5	19	5,5	2,3
Св. 20 до 22	Св. 28 до 32	5×9	22	7,0	2,3
Св. 22 до 25	Св. 32 до 36	6×9	22	6,5	2,8
Св. 25 до 28	Св. 36 до 40	6×10	25	7,5	2,8
Св. 28 до 32	Св. 40	8×11	28	8,0	3,3
Св. 32 до 38	Св. 40	10×13	32	10,0	3,3

Пример обозначения:

Шпонка 5×6,5 ГОСТ 24071-80,

где 5 – ширина, 6,5 – высота шпонки (исполнение 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов С. К. Инженерная графика: Учебник для средних специальных учебных заведений. – 3-е изд., испр. и дополн. – М.: Машиностроение, 2002. – 352 с.: ил.
2. Будасов Б.В., Каминский В.П. Строительное черчение: Учеб. для вузов. – 4 изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990.– 464 с.: ил.
3. Виноградов В. Н. Начертательная геометрия: Учеб. для студентов худож.-граф. фак. пед. ин-тов. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1989. – 239 с.: ил.
4. Власов М. П. Инженерная графика: Учеб. пособие для втузов. – М.: Машиностроение, 1979. – 279 с.: ил.
5. Гордон В. О., Семенцов – Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии: Учеб. пособие для втузов/Под ред. В. О. Гордона и Ю. Б. Иванова. – 24-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 272 с.: ил.
6. Государственные стандарты ЕСКД.
7. Задачник по машиностроительному черчению: Учеб. пособие для вузов/Б. Л. Степанов, Н. Н. Тихонова, А. Н. Трунова и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 64 с.: ил.
8. Лагерь А. И., Колесникова Э. А. Инженерная графика: Учеб. для инж. – техн. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 176 с., ил.
9. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: Учеб. для втузов. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2000.– 422 с.: ил.
10. Машиностроительное черчение: Учеб. для студентов машиностроит. и приборостроит. специальностей вузов /Г. П. Вяткин, А. Н. Андреева, А. К. Болтухин и др.; Под ред. Г. П. Вяткина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.: ил.
11. Справочник по техническому черчению / Л. И. Новичихина. – 2-е изд., стереотип. – Мн.: Книжный Дом, 2005. – 320 с., ил.
12. Справочное руководство по черчению /В. Н. Богданов, И. Ф. Малежик, А. П. Верхола и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.
13. Фролов С. А. Начертательная геометрия: Учеб. для втузов.– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 240 с.: ил.
14. Чекмарев А. А. Инженерная графика: Учеб. для немашиностроит. спец. вузов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш.шк., 2000. – 365 с.: ил.
15. Черчение: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. 4–50 №2109 «Черчение, изобразит. искусство и труд» /Д. М.Борисов, Е. А. Василенко, Б. А. Ляпунов, М. Н. Макарова; Под. ред. Д. М. Борисова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1987. – 351 с.: ил.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абсцисса – координата (x) точки, это расстояние от начала координат вдоль оси пересечения горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций до **проекции** точки на эту ось.

АксонOMETрическое проецирование состоит в том, что данная фигура вместе с осями прямоугольных координат, к которым она отнесена в пространстве, параллельно проецируется на некоторую плоскость.

Апplikата – координата (z) точки, это расстояние от начала координат вдоль оси пересечения фронтальной и профильной плоскостей проекций до проекции точки на эту ось.

Балка – конструктивный элемент, работающий главным образом на изгиб, может быть изготовлена из железа, стали, дерева.

Балкон – выступающая из стены и огражденная (решеткой, балюстрадой или парапетом) площадка на консольных плитах или балках.

Балюстрада – сквозное ограждение из ритмично-расположенных фигурных столбиков, поддерживающих поручень.

Взаимозаменяемые детали – детали, позволяющие выполнять сборку без каких-либо дополнительных операций (подгонки).

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

Винтовые поверхности – поверхности, образуемые при винтовом движении какой-либо линии (образующей).

Внутренняя резьба – резьба, выполненная в отверстии детали.

Высота – вертикальный размер чего-либо.

Высота перекрытия – расстояние по вертикали между нижней и верхней плоскостями перекрытия.

Высота помещения – расстояние от уровня пола данного этажа до уровня пола следующего этажа.

Высота этажа – расстояние от уровня пола данного этажа до уровня пола следующего этажа.

Габаритный размер – размер, определяющий предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.

Габариты помещения – внутренние размеры в свету (длина, ширина, высота).

Габарит конструкции, здания, сооружения – предельный внешний размер.

Габаритный чертеж (ГЧ) – документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

ГЕНПЛАН, генеральный план – составная часть проекта, содержащая комплексное решение вопросов планировки и благоустройства объекта строительства, размещения здания, сооружения, транспортных коммуникаций, инженерных сетей, организации систем хозяйственного и бытового обслуживания.

Горизонталь плоскости – это прямая, лежащая в ней и параллельная горизонтальной плоскости проекций.

Горизонтальная плоскость – плоскость, параллельная горизонтальной плоскости проекций.

Горизонтальная плоскость проекций – плоскость, расположенная горизонтально (от греч. *horizon* – разграничивающий).

Горизонтальная прямая – прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекций.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Здание – строительная система, состоящая из несущих ограждающих или совмещенных конструкций, имеющая помещения для пребывания и размещения людей. Могут быть жилые, общественные, производственные и др.

Единая система конструкторской 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.

Изделие – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделие вспомогательного производства – это изделие, предназначенное только для собственных нужд предприятия, изготавливаемого его.

Изделие основного производства – это изделие, предназначенное для поставки (реализации).

Инженерная графика – наука об изложении и обосновании способов построения изображений пространственных форм на плоскости в практике выполнения технических чертежей, обеспечивая их выразительность и точность, а, следовательно, и возможность создания изображенных предметов на практике.

Исполнительный размер – размер, который используют при изготовлении и контроле изделия.

Карниз – горизонтальный элемент, завершающий стену и разделяющий этажи.

Клетка лестничная – коммуникационное помещение в два и более этажей, занятое лестницей.

Кобылка – отрезок доски, удлиняющий нижний конец стропильной ноги для расположения нем свеса крыши.

Комплекс – два и более изделия (состоящих в свою очередь из двух и более частей), не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например: цех-автомат, бурильная установка и т. п.

Комплект – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплект запасных частей, комплект инструмента, комплект упаковочной тары и т. п.

Компьютерная графика – это создание, хранение и обработка моделей объектов и их изображений с помощью ЭВМ.

Конструкторская база – поверхность, линия или точка (или их сочетание), которые определяют положение детали в механизме, или от которых зависит положение других деталей.

Конструкция – элементы здания или сооружения, выполняющие несущие, ограждающие, либо совмещенные функции, в соответствии с которыми производят инженерные расчеты.

Конструирование – создание комплекта конструкторской документации (КД) на изделие с целью его изготовления в производственных условиях.

Конусность – это отношение диаметра основания конуса (или разности диаметров нижнего и верхнего оснований) к его высоте.

Кривая линия – линия, которую можно представить себе как траекторию движущейся точки на плоскости или в пространстве.

Кровля – часть крыши, состоящая из водоизолирующего слоя и основания, укладываемого по несущим конструкциям.

Крыша – верхняя ограждающая конструкция здания.

Лестница – конструкция со ступенями для пешеходной связи между помещениями и устройствами, находящимися на разных уровнях.

Линейный размер – это длина, ширина, высота, величина диаметра или радиуса изделия на чертеже.

Линейчатая поверхность – поверхность, образованная перемещением прямой линии.

Масштаб – это отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре.

Метод Монжа – метод параллельного прямоугольного проецирования на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций.

Модуль – условная единица, используемая для координации размеров частей сооружений, зданий и их элементов.

Монтажный чертеж (МЧ) – документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения.

Начало координат – это точка пересечения осей проекций.

Начертательная геометрия – наука об изложении и обосновании способов построения изображений пространственных форм на плоскости и способов решения задач геометрического характера по заданным изображениям этих форм.

Наружная резьба – резьба, выполненная на наружной поверхности детали

Нелинейчатая поверхность – поверхность, образованная произвольной кривой линией.

Неразъемные соединения – соединения, в которых не предусматривается возможность разборки, следовательно, их нельзя разобрать без повреждения.

Ордината – координата (y) точки, это расстояние от начала координат вдоль оси пересечения горизонтальной и профильной плоскостей проекций до проекции точки на эту ось.

Ось композиционная – линия, организующая плоскостную или объемно-пространственную композицию сооружения или ансамбля.

Ось координационная – линия, определяющая членение здания или сооружения на модульные шаги и высоты этажей.

Ось разбивочная – одна из условных осей соответствующей координационной сетки, служащая для размерной привязки в плане отдельных элементов сооружений или зданий.

Ось разбивочная модульная – одна из основных модульных координационных линий, определяющая членение здания или сооружения на объемно-пространственную и конструкционную ячейки.

Ось проекций – линия пересечения плоскостей проекций.

Параллельная проекция точки – это точка пересечения проецирующей прямой, проведенной параллельно заданному направлению из данной точки, с плоскостью проекций.

Перегородка – стена, разделяющая пространство, не воспринимающая нагрузку от перекрытия.

Перекрытие – горизонтальная ограждающая конструкция здания или сооружения, разделяющая его объем по горизонтали.

Перемычка – конструктивный элемент балочного или арочного типа, перекрывающий проем в стене и воспринимающий нагрузку от вышерасположенных конструкций.

Пересекающиеся прямые. Если прямые пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются между собой в точках, которые являются проекциями точки пересечения этих прямых и лежат на одной линии связи.

Плоскость – это поверхность, образованная движением прямой линии, которая движется параллельно самой себе по неподвижной направляющей прямой.

Плоскость общего положения – плоскость, не перпендикулярная ни к одной из плоскостей проекций.

Плоскость проекций – это плоскость, на которую проецируются точки.

Присоединительный размер – размер, определяющий величину элемента, по которому данное изделие присоединяется к другому изделию.

Прогон – конструктивный элемент покрытия, укладываемый по основным несущим конструкциям для восприятия нагрузки от кровли.

Проект – техническая документация: чертежи, расчеты, макеты создаваемых зданий и сооружений.

Проекция предмета на плоскость – это изображение на плоскости проекций предмета, расположенного в пространстве, полученное

при помощи прямых лучей – лучей, проведенных через каждую характерную точку предмета до пересечения этих лучей с данной плоскостью проекций.

Проекция точки предмета – это точка пересечения луча, проведенного через характерную точку предмета с плоскостью проекций.

Проецировать – строить проекции точек.

Проецирующая плоскость – плоскость, перпендикулярная соответствующей плоскости проекций.

Проецирующий отрезок – отрезок, перпендикулярный соответствующей плоскости проекций.

Пролет – номинальное расстояние между осями опор горизонтальной несущей конструкции.

Простой разрез – разрез, выполненный одной секущей плоскостью.

Профильная плоскость – плоскость, параллельная профильной плоскости проекций.

Профильная плоскость проекций – это вертикальная плоскость проекций, перпендикулярная горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций.

Профильная прямая – прямая, параллельная профильной плоскости проекций.

Прямая общего положения – прямая, ни одна из проекций которой не параллельна осям проекций и не перпендикулярна к ним.

Прямоугольные координаты точки – это числа, выражающие ее удаление от трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций.

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

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что находится в секущей плоскости и за ней. Мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений данного предмета.

Разъемными называют соединения, повторная сборка и разборка которых возможна без повреждения их составных частей.

Ригель – горизонтальный элемент рамы, жестко связанный со стойками.

Сборочная единица – это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями.

Сборочный чертеж (СБ) – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

Сечение – изображение фигуры, полученное при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении изображается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Скрещивающиеся прямые линии – линии, которые не пересекаются и не параллельны между собой.

След плоскости – это прямая, по которой некоторая плоскость пересекает плоскость проекций.

След прямой – это точка, в которой прямая, заданная отрезком, пересекает плоскость проекций.

Сложный разрез – это разрез, выполненный несколькими секущими плоскостями.

Сопряжение – это плавный переход одной линии (прямой или кривой) в другую.

Спецификация – это основной конструкторский документ (для изделий кроме деталей), определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Способ вращения – это способ, при котором изменяется положение прямой линии или плоской фигуры путем поворота вокруг некоторой оси так, чтобы прямая или фигура оказались в частном положении относительно неизменной системы плоскостей проекций.

Справочный размер – размер, не подлежащий выполнению по данному чертежу и указанный для большего удобства пользования чертежом.

Стандарт – нормативный документ по стандартизации, разработанный на основе согласия по существенным вопросам у большинства заинтересованных сторон и принятый (утвержденный) признанным органом.

Стандартизация – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядоченности в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих или потенциальных задач.

Тамбур – пристройка в здании перед наружными стенами или проходное пространство за ними, служащее для защиты от холодного воздуха.

Технический рисунок – это наглядное изображение, выполненное по правилам аксонометрических проекций от руки, на глаз.

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.

Технологическая база – поверхность, от которой в процессе обработки удобнее и легче производить нанесение размеров.

Угловой размер – размер угла на чертеже.

Уклон – это величина, характеризующая наклон одной прямой к другой прямой. Выражается отношением катетов прямоугольного треугольника.

Установочный размер – размер, определяющий величину элемента, по которому данное изделие устанавливают на месте монтажа.

Фасад – наружная сторона здания или сооружения.

Фронтальная плоскость проекций – плоскость, расположенная перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций (от лат. – *vertical is* – отвесный).

Фронталь плоскости – это прямая, лежащая в плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций.

Фронтальная плоскость – плоскость, параллельная фронтальной плоскости проекций.

Фронтальная прямая – прямая, параллельная фронтальной плоскости проекций.

Фундамент – подземная часть здания или сооружения, передающая нагрузку основанию от здания.

Центральные проекции точек – это точки пересечения проецирующих прямых, проведенных из одной точки – центра проецирования через каждую заданную точку, с проецирующей плоскостью.

Цилиндрическая винтовая линия – это пространственная кривая. Она образуется при равномерном перемещении точки вдоль образующей прямого кругового цилиндра, которая, в свою очередь, равномерно вращается вокруг оси цилиндра.

Цоколь – нижняя часть наружной стены здания или сооружения, лежащая на фундаменте.

Чертеж – это 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.

Чертеж детали – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Чертеж общего вида (ВО) – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

Шаг – номинальное расстояние между основными поперечными несущими конструкциями (стенами, колоннами) или координационными осями.

Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей, образующих рельеф этой поверхности на определенной базовой длине l , с относительно малыми шагами.

Экспликация – пояснение принятых условных обозначений или состава помещений, размещенных на поле чертежа.

Эпюр (эпюр Монжа) образуется в результате поворота плоскости H вокруг оси проекций на угол 90° . В результате получается одна плоскость – плоскость чертежа; проекции точки располагаются на одном перпендикуляре к оси проекций – на линии связи. Это чертеж в системе H, V (или в системе двух прямоугольных проекций).

Эскиз – чертеж временного характера, предназначенный для разового использования, выполненный от руки, без применения чертежных инструментов, без точного соблюдения масштаба, по правилам прямоугольного проецирования, но с обязательным соблюдением пропорций элементов деталей.

Этаж – часть здания, помещения в котором находятся на одном уровне.

Этаж цокольный – этаж, пол которого расположен ниже планировочной отметки земли не более чем на половину высоты этажа.

АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Аксонометрические проекции 101
 - геометрических тел
 - призмы 105, 107
 - пирамиды 105
 - окружности 108
 - косоугольные 111

Б

- Базы размерные 165
- Болты 187
- Буртик 242

В

- Валы зубчатые (шлицевые) 205
- Виды 132, 312
 - основной 134
 - главный 131
 - дополнительный 134
 - местный 135
- Винтовая линия 67
- Винты 189
 - с головкой
 - цилиндрической 189, 190
 - полукруглой 189, 190
 - потайной 189, 190
 - полупотайной 189, 190
 - установочные 191
- Выносной элемент 147, 325
- Высотные отметки 16, 317

Г

- Гайки 192
 - барашки 192
 - круглые 193
 - шестигранные 192
- Гипербола 84
- Главные линии плоскости 43
 - горизонталь 43
 - фронталь 44
 - профильная прямая 44

Грань 71, 72

Галтели 242

Группы деталей

- оригинальные 253
- со стандартными изображениями 253
- стандартные 253

Д

- Деталь 116
- Детали крепежные 187
- Деталирование 268
- Диметрия 106
- Документы конструкторские 115

Е

- Единая система
 - конструкторской документации (ЕСКД) 114
 - модульной координации (ЕМСК) 305

З

- Знаки
 - диаметра 159
 - дуги окружности 159
 - квадрата 159, 161
 - конусности 159, 162
 - радиуса 159, 160
 - уклона 159, 162
- Зацепление
 - зубчатое 219
 - реечное 219, 233

И

- Изделие 115
- Изображение условное
 - пружин 237
 - резьб 166
 - швов клеёных 214

- паяных 213
- сварных 208

Изометрия 103
Инструменты измерительные 257

К

Канавки

- для выхода шлифовального круга 341
- под запорные кольца 347, 348
- под уплотнительные кольца 345

Карниз 301

Касание

- двойное 98
- одностороннее 98

Классификация зданий

- гражданские 295
- инженерные сооружения 295
- производственные 295

Колесо зубчатое

- ведомое 216
- ведущее 216
- коническое 226
- цилиндрическое 223
- червячное 230

Комплект 116

Компоновка чертежа 243

Конструкция

- сборные 299
- монолитные 299

Конус 80

Конусность 162

Кривые линии 64

Координата 19

Координатные оси 19

Координационные оси 315

Крыша 301

Л

Лестница 301

Линии чертежа 120, 312

Линия винтовая 67

Линия выносная 121, 153

Линия размерная 121, 153

Линия связи 20

Линия центровая 121

Лыски 242

М

Материалы

- графические обозначения 127, 319
- обозначение марки 332

Масштабы 120, 311

Металлические конструкции

Модуль 217

Муфта 197

Н

Надпись основная 117, 321

Нанесение размеров 155, 313

Направляющая 67

Начало координат 19

Номера позиций детали 275

Нутромер 258

О

Обозначения

- изделий и конструкторских документов 117
- резьб 179
- сварных швов 208
- шероховатости поверхностей 260

Образующая 67

Обратимость чертежа 15, 17

Окружность делительная 217

Оси

- вращения 79
- координат 19
- проекций 19

П

Парабола 84

Параллель 79

Перегородка 301

Передачи

- зубчатые 216
- цепные 233
- червячные 230

Перекрытие

- Пирамида 73
Плоскости 36
– проекций 19
– общего положения 37
– частного положения 38
Поверхность
– гранная 69
– винтовая 91
– вращения 79
– коническая 77
– пирамидальная 71
– призматическая 71
– сферическая 88
– тора 80
– торсовая 78
– цилиндрическая 77
Покрытие 301
Призма 71
Проект
– рабочий 297
– технический 296
– типовой 296
Проекции
– аксонометрические 101
– прямой 23
– прямоугольные 16
– точки 20
Проецирование
– параллельное 14
– центральное 12
Проточки 242, 342, 343
Профиль
– резьбы 172, 174
– зуба 216
Пружины 236
Прямые
– общего положения 24
– частного положения 24
– параллельные 30
– пересекающиеся 29
– скрещивающиеся 29
- Р**
Размеры 153, 313
– габаритные 270
– диаметра 159
– квадрата 161
– координирующие 163
– номинальные 174
– радиусов 159
– справочные 167
– угловые 155
– установочные и
присоединительные 270
– фасок 162
– формообразующие 163
– шрифта 122
– эксплуатационные 270
Развертка
– конуса 87
– пирамиды 73
– призмы 72
– цилиндра 83
– шара 89
Разрезы 136, 313
– ломаный 137
– местный 139
– наклонный 136
– поперечный 137
– продольный 137
– простой 137
– сложный 137
– ступенчатый 139
Ребро 71, 73
Резьба (параметры) 172
– внутренний диаметр 174
– наружный диаметр 174
– профиль 174
– угол профиля 175
– ход 175
– шаг 175
Резьба (технологические элементы)
175, 186
– недорез 176, 186
– проточка 176, 186
– сбег 175, 186
Резьба (изображение) 166
Резьба (условное обозначение) 179
Рейка 219, 233
Рифление
– прямое 340
– сетчатое 340

С

- Сборочные единицы 116
- Сборочный чертеж 116, 267
- Сечения 140, 313
 - вынесенные 140
 - наложенные 141
 - несимметричные 141
 - обозначения 141, 142
 - симметричные 141
- Сечения
 - конуса 84
 - пирамиды 76
 - цилиндра 82
 - шара 88
- Система координат
- След
 - плоскости 36
 - прямой 28
- Соединение деталей
 - болтом 199
 - винтом 201
 - пайкой 212
 - сваркой 207
 - склеиванием 212
 - шпилькой 200
 - шпонкой 202
 - шлицевые 205
- Соединения 173
- Способ
 - вращения 58
 - замены плоскостей проекций 51
 - конкурирующих точек 22, 32, 47
 - плоскопараллельного
- перемещения 60
 - совмещения 62
- Спецификация 116, 271
- Стадии проектирования
- Стандарты ЕСКД 114
- Стрелки
 - односторонние (сварные швы) 209
 - направление взгляда 135
 - размерные 153
- Строительный чертеж 296
 - архитектурно-строительный 302
 - инженерно-строительный 302
 - топографический 302

Т

- Тело 71
- Тела вращения
 - конус 80
 - цилиндр 80
 - шар 88
- Тор 80
- Торс 77
- Точки и линии на основных поверхностях 69, 72, 73, 77

У

- Угол
 - плоский 32
 - профиля резьбы 175
- Угольники 197
- Уклон 162
- Упрощения и условности
 - в изображениях 143
 - в нанесении размеров 167
 - в сборочных чертежах
- Уплотнители 279

Ф

- Фасад
- Фаска 176, 242
- Фитинги 197
- Форматы чертежные 117
- Фундамент 300

Х

- Ход резьбы 175
- Храповой механизм 235

Ц

- Центр проецирования 12
- Цепная передача 233
- Цилиндр 80
- Цоколь 301

Ч

Червяки 230

Чертежи

– детали 241

– общего вида 116, 285

– сборочный 116, 267

– строительный 296

– точки 20

– отрезка прямой 23

Число размерное 153

Ш

Шаг

– винтовой линии 67

– зубчатого колеса 217

– резьбы 175

Шайбы 194

Шар 88

Швы

– клеевые 214

– паяные 213

– сварных соединений 208

Шероховатость поверхности 260

Шестерня 216

Шпильки 191

Шпонки 202

– клиновые 203

– призматические 202

– сегментные 203

Шрифт чертежный 122

Штриховка в аксонометрии 108

Шурупы 189

Э

Элементы выносные 147, 325

Эллипс 66

Эпюр Монжа 20

Эскиз 252

Эскизирование

(последовательность) 253

Учебное издание

БУРКОВА Светлана Петровна
ВИНОКУРОВА Галина Федоровна
ДОЛОТОВА Раиса Григорьевна
СТЕПАНОВ Борис Леонидович

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие

Издано в авторской редакции


Научный редактор
кандидат технических наук
Б.А. Франковский

Подписано к печати 10.11.2010. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 21,51. Уч.-изд. л. 19,46.
Заказ 1879-10. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru