ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

**Ф. И. ПУЙЧЕСКУ, С. Н. МУРАВЬЕВ,
Н. А. ЧВАНОВА**

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

УЧЕБНИК

*Рекомендовано
Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих программы среднего
профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 132 от 14 мая 2010 г.
ФГУ «ФИРО»*

4-е издание, стереотипное

ACADEMIA
Москва
Издательский центр «Академия»
2014

УДК 744(075.32)
ББК 30.11я723
П88

Рецензент —
председатель цикловой комиссии по стандартизации,
преподаватель ГОУ СПО Мытищинский машиностроительный
техникум *В. К. Житков*

Пуйческу Ф. И.

П88 Инженерная графика : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Ф. И. Пуйческу, С. Н. Муравьев, Н. А. Чванова. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 320 с.

ISBN 978-5-4468-0857-1

Учебник может быть использован при изучении общепрофессиональной дисциплины «Инженерная графика» в соответствии с ФГОС СПО для всех технических специальностей.

Рассмотрен курс инженерной графики, готовящий студентов к выполнению и чтению чертежей и схем, составляющих основу современного производства.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 744(075.32)
ББК 30.11я723

Учебное издание

**Пуйческу Федор Ильич, Муравьев Сергей Николаевич,
Чванова Нина Александровна**

Инженерная графика

Учебник

4-е издание, стереотипное

Редактор *О. А. Туваева.* Технический редактор *О. Н. Крайнова*
Компьютерная верстка: *Л. М. Беляева*
Корректоры *Т. В. Кузьмина, М. Н. Ермакова*

Изд. № 104112955. Подписано в печать 10.02.2014. Формат 60×90/16. Гарнитура «Балтика». Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. Усл. печ. л. 20,0. Тираж 2 500 экз. Заказ №

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
129085, Москва, пр-т Мира, 101в, стр. 1. Тел. /факс: (495) 648-0507, 616-0029.
Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. АЕ51. Н 16476 от 05.04.2013.

Отпечатано в ОАО «Можайский полиграфический комбинат».
143200, г. Можайск, ул. Мира, 93.
www.oaompk.ru, www.oaompk.рф тел.: (495) 745-84-28, (49638) 20-685

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Пуйческу Ф. И., Муравьев С. Н., Чванова Н. А., 2011
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-4468-0857-1

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Уважаемый читатель!

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по специальностям технического профиля.

Учебник предназначен для изучения общепрофессиональной дисциплины «Инженерная графика».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект по дисциплине «Инженерная графика» включает электронный образовательный ресурс «Инженерная графика».

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования с учетом его профиля.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Предисловие

Чертеж независимо от способа выполнения (ручной или автоматизированный) является носителем основной технической информации об изделии, без которой не обходится ни одно производство.

Овладеть чертежом как средством выражения технической мысли можно лишь в результате изучения общетехнических и специальных дисциплин.

«Инженерная графика» является одной из первых основных общетехнических дисциплин, необходимых студентам для освоения последующих технических дисциплин, а также для их будущей практической деятельности.

Цель изучения курса «Инженерная графика» — не только научить будущих специалистов логически мыслить, но и развить пространственное мышление, а также познакомить студентов с основными требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Системы проектной документации для строительства (СПДС), базирующейся на положениях ЕСКД, а также познакомить с другим видом нормативной документации — Строительными нормами и правилами (СНиП), строго учитывающими ограничения различных показателей при проектировании и разработке строительной документации.

Учебник состоит из трех частей:

- I часть — графическое оформление чертежей; геометрические построения; теория изображений; основы начертательной геометрии;
- II часть — машиностроительное черчение;
- III часть — элементы строительного черчения.

Курс «Инженерная графика» позволяет получить необходимые теоретические знания, практические навыки и умения для грамотного выполнения и чте-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ния чертежей и схем с учетом основных положений ЕСКД и СПДС.

Методы построения изображений основаны на положениях начертательной геометрии, приведенных в данном учебнике.

В подразд. 2.10 показана эффективность каркасного метода решения основных позиционных задач на поверхности.

Данный учебник составлен авторским коллективом преподавателей кафедры «Машиноведение, проектирование, стандартизация и сертификация» Московского государственного университета путей сообщения.

Предисловие и гл. 2, 10 написаны доц. Ф. И. Пуйческу; гл. 1, 3, 4, 7, 8 — доц. Н. А. Чвановой; гл. 5, 6, 9 — доц. С. Н. Муравьевым.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ЧАСТЬ I

ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Глава 1. Графическое оформление чертежей. Геометрические построения
Глава 2. Теория изображений. Основы начертательной геометрии

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 1

ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) — это комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения о порядке разработки, оформления и обращения конструкторской документации. Классификационные группы стандартов ЕСКД устанавливают единые требования к выполнению чертежей в отношении форматов, типов линий, обводки чертежа, масштабов, надписей, штриховок, расположения проекций и др. При написании данной главы использовались стандарты, относящиеся к классификационной группе 3 «Общие правила чертежей»: ГОСТ 2.301—68 «Форматы», ГОСТ 2.302—68 «Масштабы», ГОСТ 2.303—68 «Линии», ГОСТ 2.304—81 «Шрифты чертежные» и ГОСТ 2.307—68 «Нанесение размеров и предельных отклонений», а также кратко изложены основные приемы выполнения геометрических построений на чертежах и рассмотрены примеры таких построений.

1.2. ФОРМАТЫ

Чертежи и все другие конструкторские документы должны выполняться на листах бумаги определенного размера (формата). ГОСТ 2.301—68 устанавливает форматы листов чертежей и других конструкторских документов. Форматы листов определяются размерами их внешней рамки, выполненной тонкой линией. Форматы подразделяются на основные и дополнительные.

За *основной формат* принимают формат (А0) с размерами сторон 1 189 × 841 мм, площадь которого равна 1 м^2; каждый последу-

ющий формат получают путем деления предыдущего формата на две равные части, параллельно меньшей стороне соответствующего формата. Обозначение основных форматов состоит из буквы А и арабской цифры от 0 до 4. ГОСТ 2.301—68 устанавливает следующие размеры сторон основных форматов и их обозначения: А1(594×841 мм); А2(420×594 мм); А3(297×420 мм); А4(210×297 мм). Допускается применять формат А5 с размерами сторон 148×210 мм.

Дополнительные форматы образуют путем увеличения коротких сторон форматов в *n* раз, где *n* = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Обозначение дополнительных форматов состоит из обозначения основного формата и его кратности. Например: А4×3 — 297×630 мм, где 630 = 210×3.

1.3. МАСШТАБЫ

Масштабом называют отношение линейных размеров изображенного изделия к его действительным размерам. Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда, установленного ГОСТ 2.302—68:

- *масштабы уменьшения* — 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25 и т.д.;
- *масштабы увеличения* — 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1.

Указанные масштабы распространяются на чертежи всех отраслей промышленности и строительства. Масштаб, выбранный для чертежа или его отдельного изображения, обозначается по типу 1 : 1; 1 : 2; 2 : 1 и т.д. Масштаб, выбранный для чертежа в целом, указывают в предназначенной для этого графе «Основная надпись чертежа». Масштаб, выбранный для отдельного изображения, указывают над изображением, записывая его в скобках: (1 : 2); (5 : 1) и т.д. При любом масштабе изображения над размерными линиями наносят действительные размеры.

1.4. ЛИНИИ

ГОСТ 2.303—68 «Линии» устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства. Наименование, начертание, толщина линий

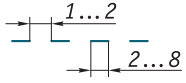
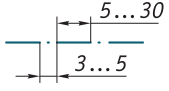
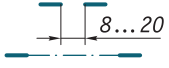
ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

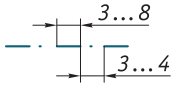
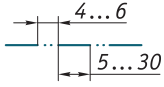
ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 1.1

Наименование и начертание линий	Толщина линий по отношению к толщине основной линии	Основное назначение	Примеры применения (номера рисунков)
Сплошная толстая (основная)	s	1.1. Линии видимого контура 1.2. Линии перехода видимые 1.3. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)	Рис. 1.1 Рис. 1.3, *б* Рис. 1.1
Сплошная тонкая	$\frac{s}{3}...\frac{s}{2}$	2.1. Линии контура наложенного сечения 2.2. Линии размерные и выносные 2.3. Линии штриховки 2.4. Линии-выноски 2.5. Полки линий-выносок 2.6. Линии для изображения пограничных деталей «обстановка» 2.7. Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях 2.8. Линии перехода воображаемые 2.9. Линии для обозначения резьбы	Рис. 1.3, *а* Рис. 1.1 Рис. 1.2, *а* Рис. 1.1

Окончание табл. 1.1

Наименование и начертание линий	Толщина линий по отношению к толщине основной линии	Основное назначение	Примеры применения (номера рисунков)
Сплошная волнистая	$\frac{s}{3}...\frac{s}{2}$	3.1. Линии обрыва 3.2. Линии разграничения вида и разреза	Рис. 1.1
Штриховая 	$\frac{s}{3}...\frac{s}{2}$	4.1. Линия невидимого контура 4.2. Линии перехода невидимые	Рис. 1.1 Рис. 1.3, *б*
Штрихпунктирная 	$\frac{s}{3}...\frac{s}{2}$	5.1. Линии осевые и центровые 5.2. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или выносных сечений	Рис. 1.1
Сплошная тонкая с изломом	$\frac{s}{3}...\frac{s}{2}$	6.1. Длинные линии обрыва	Рис. 1.2, *а*
Разомкнутая 	$s...1\frac{1}{2}s$	Линии сечений: 7.1. Для простых разрезов и сечений 7.2. Для сложных разрезов и сечений (концы разомкнутых линий допускается соединять штрихпунктирной тонкой линией)	Рис. 1.1

Штрихпунктирная утолщенная  	$\frac{s}{2}…\frac{2}{3}s$	8.1. Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию 8.2. Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью «наложенная проекция»	Рис. 1.1
Штрихпунктирная тонкая с двумя точками  	$\frac{s}{3}…\frac{s}{2}$	9.1. Линии сгиба на развертках 9.2. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях 9.3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом	Рис. 1.2, *б* Рис. 1.2, *а* Рис. 1.2, *в*

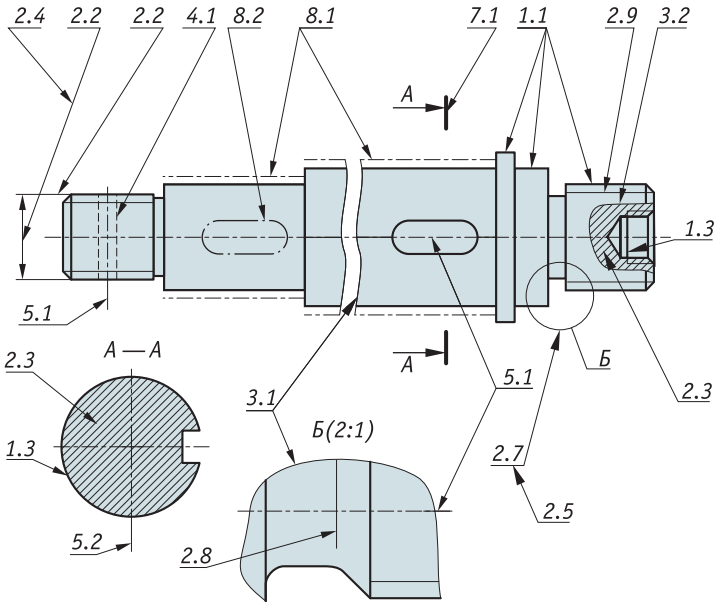


Рис. 1.1

по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий при оформлении конструкторской документации должны соответствовать указанным в табл. 1.1. Примеры применения линий показаны на рис. 1.1 ... 1.3. Сплошную толстую основную линию будем называть основной и обозначать толщину этой

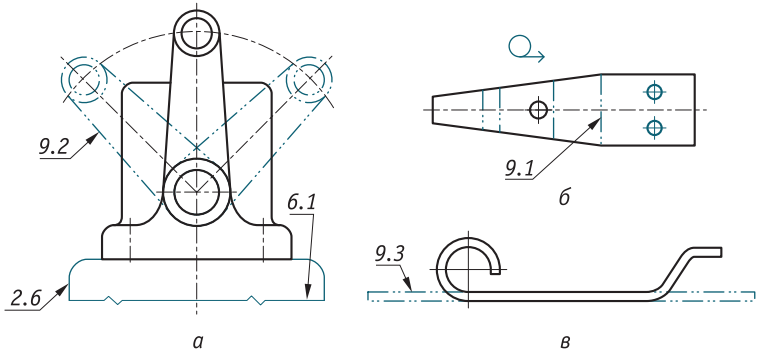


Рис. 1.2

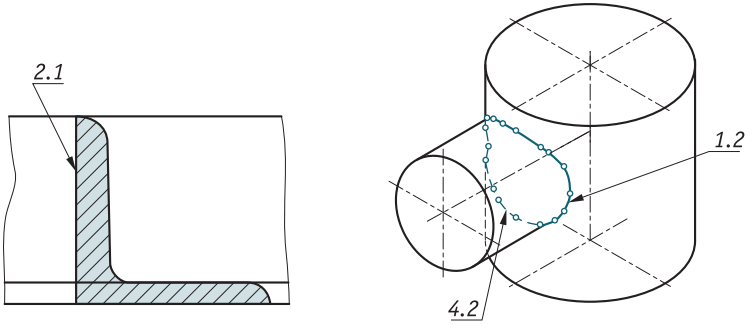


Рис. 1.3

линии латинской буквой *s*. Толщина основной линии *s* выбирается в пределах от 0,5 до 1,4 мм (в зависимости от сложности изображения, а также от формата чертежа). На учебных чертежах толщину основной линии *s* рекомендуется принимать 0,8...1,0 мм.

Прерывистые и чередующиеся линии — штриховые и штрихпунктирные — должны выполняться в соответствии со следующими требованиями:

- длину штрихов таких линий необходимо выбирать в зависимости от величины изображения;
- длины штрихов и промежутков должны быть приблизительно одинаковыми.

Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических элементов меньше 12 мм. Штрихпунктирные осевые и центровые линии должны выходить за контурные линии изображения на 2...5 мм. При изображении центра геометрической фигуры такие линии должны пересекаться штрихами.

1.5. ШРИФТЫ

Каждый чертеж сопровождается необходимыми общими надписями (наименование изделия, размеры, данные о материале, спецификации и др.), а также дополнительными (технические требования, условия и методы испытаний, справочные размеры и т. д.). Для выполнения надписей на чертежах и других техниче-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

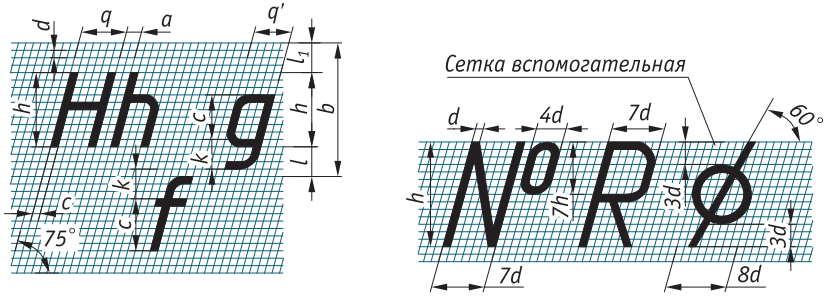


Рис. 1.4

ских документах ГОСТ 2.304—81 «Шрифты чертежные» устанавливает следующие размеры шрифта: 1,8; 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10,0; 14,0; 20,0. Стандартные шрифты бывают двух типов: тип А и тип Б.

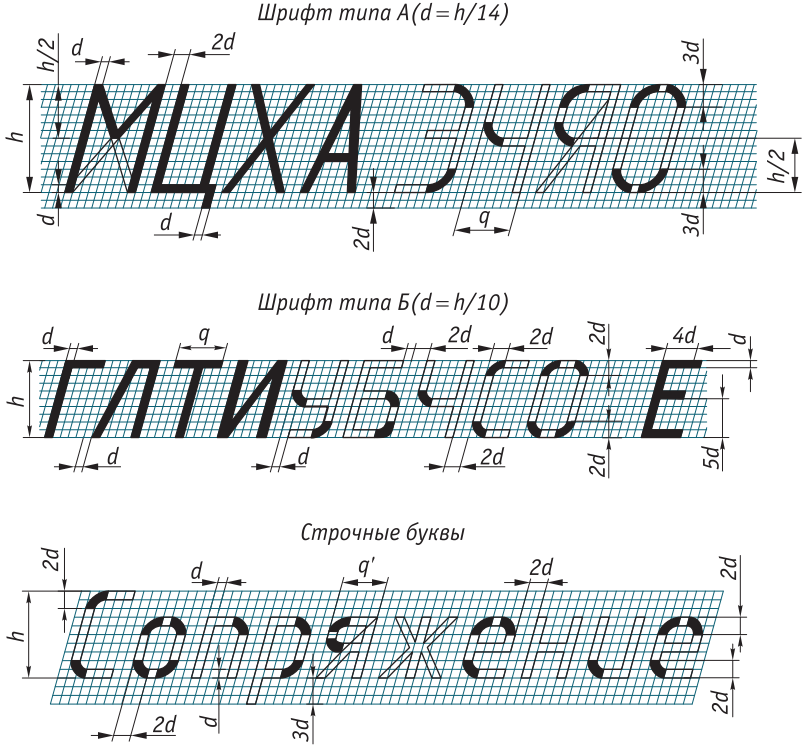


Рис. 1.5

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 1.2

Параметры шрифта	Обозначение	Тип шрифта	Относительный размер	Размеры, мм							
Размер шрифта — высота прописных букв	*h*	А	14*d*	—	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
		Б	10*d*	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Толщина линий шрифта	*d*	А	*d*	—	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4
		Б	*d*	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
Высота строчных букв	*c*	А	10*d*	—	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
		Б	7*d*	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Расстояние между буквами	*a*	А	2*d*	—	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
		Б	2*d*	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Расстояние между словами	*e*	А	6*d*	—	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
		Б	6*d*	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	*b*	А	22*d*	—	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
		Б	17*d*	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0

Окончание табл. 1.2

Параметры шрифта	Обозначение	Тип шрифта	Относительный размер	Размеры, мм
Ширина прописных букв	*q*	*Наименование букв и цифр*		
		А	6*d*	Г, Е, З, С
		Б	5*d*	
		А	7*d*	Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, Т, У, Ц, Ч, Ь, Э, Я
		Б	6*d*	
		А	8*d*	А, Д, М, Х, Ы, Ю
		Б	7*d*	
		А	9*d*	Ж, Ш, Щ, Ъ
		Б	8*d*	
		А	11*d*	Ф
		Б	8*d*	
Ширина строчных букв	*q*′	А	5*d*	с, з
		Б	4*d*	
		А	6*d*	а, б, в, г, д, е, и, й, к, л, н, о, п, р, у, х, ц, ч, ь, э, я

		Б	5*d*	
		А	7*d*	м, ъ, ы, ю
		Б	6*d*	
		А	8*d*	ж
		Б	7*d*	
		А	9*d*	т, ф, ш, щ
		Б	7*d*	
Ширина цифр		А	4*d*	1
		Б	3*d*	
		А	6*d*	3, 5
		Б	5*d*	
		А	7*d*	4
		Б	6*d*	
		А	7*d*	2, 6, 7, 8, 9, 0
		Б	5*d*	

Шрифт размера 1,8 — только для шрифта типа Б. Все параметры шрифта типа А измеряются количеством долей, равных 1/14 части размера шрифта (h), а параметры шрифта типа Б измеряются количеством долей, равных 1/10 части размера шрифта (h). Оба типа шрифтов могут быть с наклоном около 75° и без наклона.

ГОСТ 2.304—81 устанавливает следующие обозначения параметров шрифтов типа А и типа Б: h — размер шрифта; d — толщина линий шрифта; q — ширина прописных букв; q' — ширина строчных букв; c — высота строчных букв; k — величина отростков ($k = h - c$); a — расстояние между буквами; b — минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки):

$$b = h + l + l_1,$$

где $l = l_1 = 4/14h$ — для шрифта типа А; $l = 3/10h$, $l_1 = 4/10h$ — для шрифта типа Б.

Для облегчения понимания конструкции букв, цифр и знаков используют вспомогательную сетку (рис. 1.4). Шаг вспомогательной сетки определяется в зависимости от толщины линии шрифта d. Начертание букв всех шрифтов одинаковое, различия заключаются в ширине букв, некоторых скруглениях и толщине линий

Русский алфавит (кириллица)

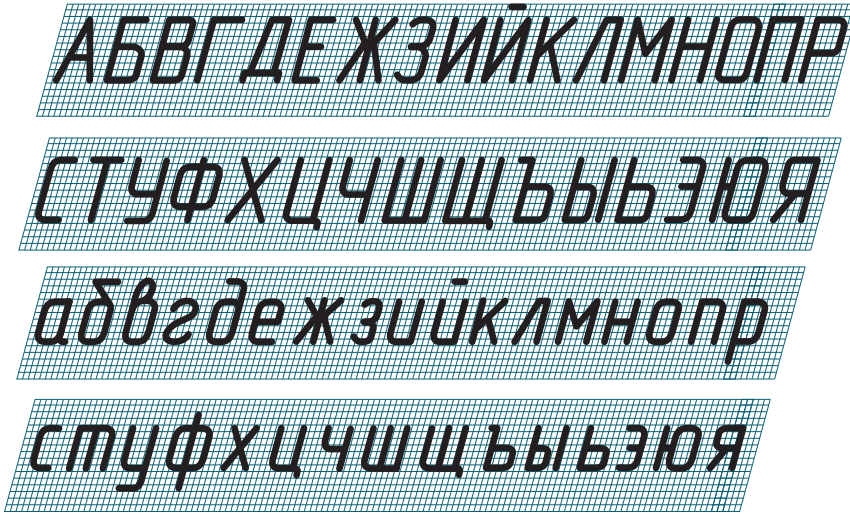


Рис. 1.6

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Рис. 1.7

шрифтов, обозначаемой буквой *d*. Пользуясь обозначениями и терминами, принятыми ГОСТ 2.304—81, на рис. 1.5 показано начертание некоторых букв с наклоном для шрифтов типа А ($d = h/14$) и типа Б ($d = h/10$) с использованием вспомогательной сетки.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

При построении шрифта по вспомогательной сетке целесообразно все параметры выражать через величину d — толщину линий шрифта. Поэтому в табл. 1.2 параметры шрифтов типов А и Б выражены через величину d. При выполнении машиностроительных чертежей предпочтение отдается шрифту с наклоном 75°. Начертание букв русского алфавита (кириллицы) для шрифта типа Б ($d = h/10$) приведено на рис. 1.6. Для шрифтов типов А и Б строчные буквы б, в, д, р, у имеют высоту, равную размеру данного шрифта; высота буквы ф больше высоты данного шрифта. Нижние горизонтальные отростки у букв Ц и Щ (прописных и строчных, типов А и Б) делают за счет промежутков между смежными буквами, а вертикальные (а также черта над буквой й) — за счет промежутков между строками.

Цифры и буквы латинского алфавита. Цифры в надписях не подразделяются на прописные и строчные. Высота арабских цифр равна высоте прописных букв, а ширина различная. На рис. 1.7 показано начертание арабских цифр шрифта типа А ($h/14$) и букв латинского алфавита, по начертанию не совпадающих с буквами русского алфавита. Также на рис. 1.7 приведено написание римских цифр шрифта типа Б($h/10$) и строчных букв латинского алфавита, имеющих свои особенности: элементы показанных букв выступают за строку вниз и вверх на величину k, равную $0{,}4c$ (c — высота строчных букв).

Выполнение надписей. Чтобы выполнить на чертеже надпись, недостаточно знать начертание каждой буквы и цифры, необхо-

Рис. 1.8

димо еще правильно разместить ее по длине и высоте в отведенном для этого месте на поле чертежа. Например, надо написать шрифтом 7(*h*) название чертежа «Черчение проекционное». С учетом значений параметров, приведенных в табл. 1.2, на рис. 1.8 показан пример расположения надписи «Черчение проекционное» по упрощенной расчетной сетке шрифтом типа Б(*h*/7).

1.6. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Наиболее простыми геометрическими построениями на чертежах являются: деление отрезков прямой и углов на равные части; деление окружности на равные части; построение уклонов и конусности; различные виды сопряжения прямых с дугами окружности и дуг окружности между собой. Рассмотрим основные приемы выполнения геометрических построений на чертежах.

1.6.1. Деление отрезка прямой на равные части

Деление отрезка прямой на две или четыре равные части. Деление отрезка на две равные части (рис. 1.9, *а*) выполняют в следующей последовательности: из концов отрезка *AB* радиусом *R*, чуть большим половины отрезка, делают засечки до их взаимного пересечения выше и ниже отрезка *AB*; полученные точки пересечения соединяют прямой *KL*. Прямая, соединяющая точки *K* и *L*, делит отрезок *AB* на две равные части: *AC* и *CB*.

Если отрезок *AB* необходимо разделить на четыре равные части, то подобные построения повторяют для отрезков *AC* и *CB*. При этом радиус *r* должен быть больше половины отрезка *CB*.

Деление отрезка на любое число равных частей. Пусть отрезок *AB* требуется разделить на семь равных частей. Из точки *A* (рис. 1.9, *б*) проводят вспомогательную прямую *AC* под любым острым углом. На этой прямой от точки *A* откладывают семь равных отрезков произвольной длины; полученную точку 7 соединяют с точкой *B* — концом заданного отрезка. Из точек деления на вспомогательной прямой *AC*, используя линейку и угольник, проводят прямые, параллельные прямой 7*B*, которые разделят отрезок *AB* на семь равных частей.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

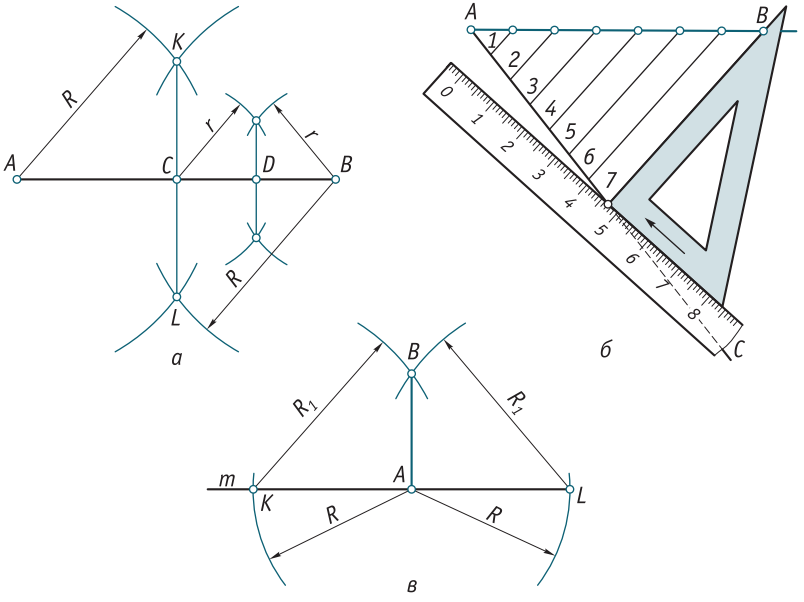


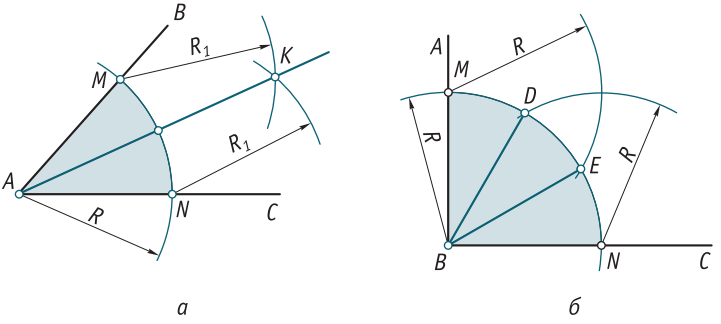
Рис. 1.9

Построение перпендикуляра к прямой в заданной на ней точке. Чтобы построить перпендикуляр к прямой, необходимо на заданной прямой *m* (рис. 1.9, *в*) по обе стороны от точки *A* сделать засечки радиусом *R* произвольного размера. Затем из полученных точек *K* и *L* нужно сделать циркулем засечки радиусом R_1, немного бóльшим, чем радиус *R*. Точку *A* соединяют прямой с точкой *B* — точкой пересечения засечек. Полученная прямая *AB* перпендикулярна прямой *m*.

1.6.2. Деление и построение углов

Деление угла на две равные части. Из вершины угла — точки *A* (рис. 1.10, *а*) проводят дугу произвольного радиуса *R* до пересечения со сторонами *AB* и *AC* в точках *M* и *N*. Из этих точек проводят дуги радиусом R_1, бóльшим половины длины дуги *MN*, до их пересечения в точке *K*. Соединяя вершину угла *A* с точкой *K*, получают биссектрису угла *AK*.

Деление прямого угла на три равные части. Чтобы разделить прямой угол на три равные части (рис. 1.10, *б*), из вершины *B*



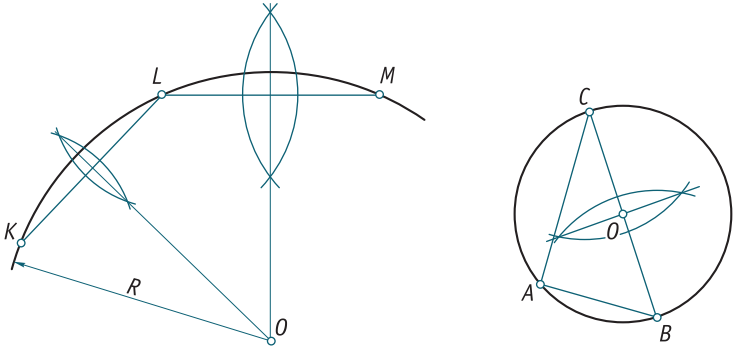
а *б*

Рис. 1.10

произвольным радиусом *R* проводят дугу до пересечения со сторонами прямого угла *AB* и *BC* в точках *M* и *N*. Из точек *M* и *N* проводят дуги того же радиуса до пересечения с дугой *MN*. Полученные точки *E* и *D* соединяют прямыми с вершиной угла *B*. Прямые *BE* и *BD* разделят прямой угол на три равные части, каждый угол которой равен 30°.

1.6.3. Определение центра окружности или ее дуги

Для определения центра дуги окружности (рис. 1.11, а) в ней нужно построить две непараллельные хорды *KL* и *LM*, через середины хорд провести перпендикуляры, пересечение которых и бу-



а *б*

Рис. 1.11

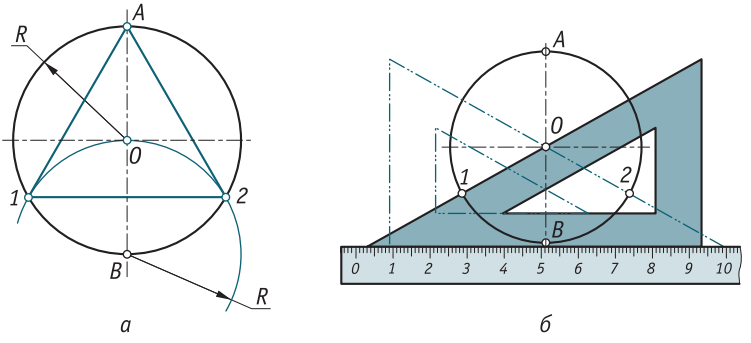
дет центром дуги окружности. Центр заданной окружности находится на середине гипотенузы вписанного в нее прямоугольного треугольника (рис. 1.11, *б*).

1.6.4. Деление окружности на равные части. Построение правильных многоугольников

Деление окружности на равные части позволяет строить правильные вписанные или описанные многоугольники. Рассмотрим примеры деления окружностей на равные части и построения правильных вписанных многоугольников.

Деление окружности на три равные части. Чтобы найти точки деления окружности радиуса *R* на три равные части, из конца диаметра, например из точки *B* (рис. 1.12, *а*), проводят дугу того же радиуса. Эта дуга в точках пересечения с данной окружностью дает точки *1* и *2*. Третьей точкой деления будет точка на противоположном конце того же диаметра (в данном примере — точка *A*). Эти построения можно выполнять с помощью угольника с углами 60 и 30°. Гипотенуза угольника должна проходить через точку *O* (рис. 1.12, *б*).

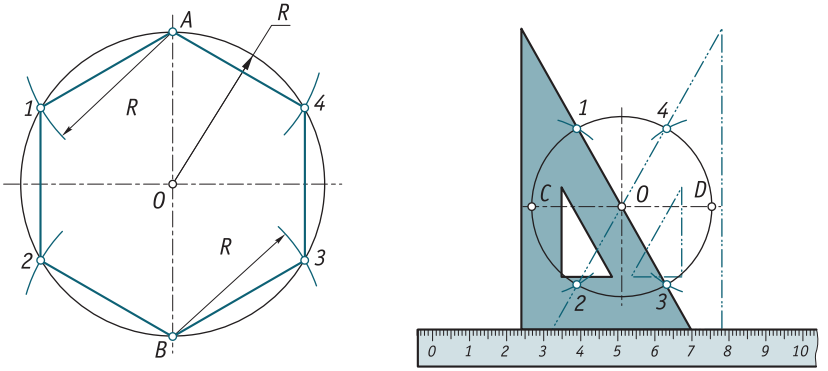
Деление окружности на шесть равных частей. Из концов любого диаметра, например *AB* (рис. 1.13, *а*), проводят две дуги того же радиуса, что и радиус заданной окружности. Точки пересечения дуг с заданной окружностью — точки *1*, *2*, *3*, *4* — вместе с концевыми точками *A* и *B* будут искомыми точками деления. Аналогичные построения выполняют с помощью угольника с углами



а *б*

Рис. 1.12

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

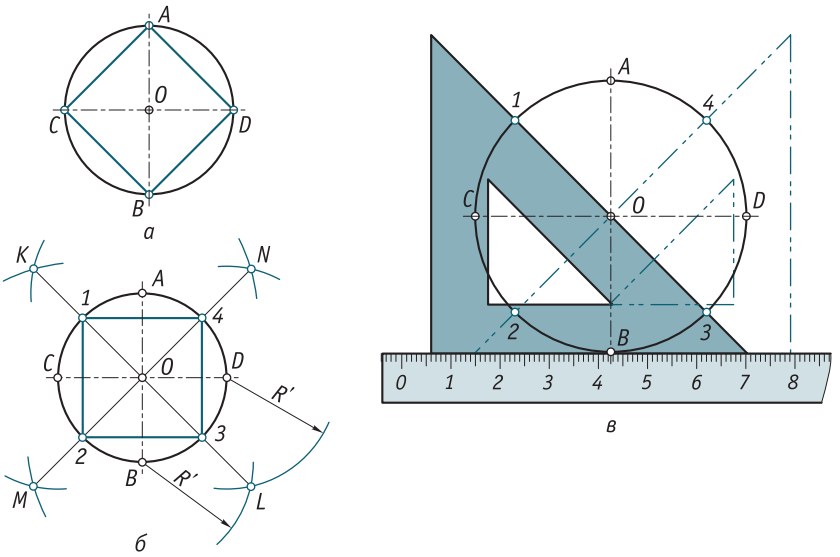


а *б*

Рис. 1.13

30 и 60° (рис. 1.13, *б*). Гипотенуза угольника, проходящая через центр окружности, на пересечении с ней даст искомые точки *1* и *3*. Меняя положение угольника, на пересечении гипотенузы с окружностью получаем точки *2* и *4*.

Деление окружности на четыре равные части. В окружности проводят два взаимно перпендикулярных диаметра *AB* и *CD* (рис.



а *б* *в*

Рис. 1.14

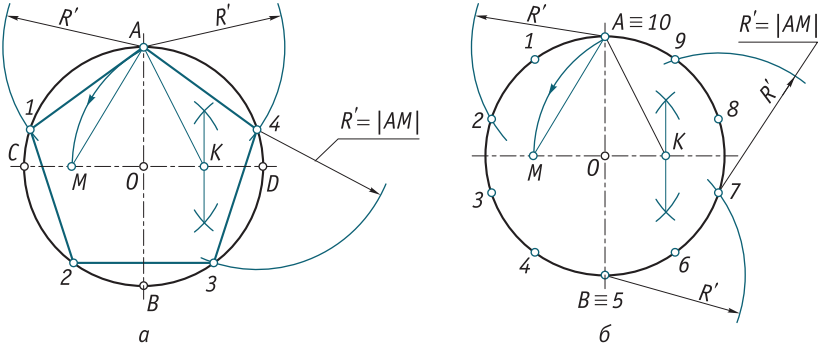


Рис. 1.15

1.14, *а*). Стороны вписанного в окружность квадрата пройдут через точки *A*, *B*, *C* и *D*. Если требуется расположить квадрат, вписанный в окружность так, чтобы стороны квадрата располагались параллельно диаметрам *AB* и *CD* (рис. 1.14, *б*), делят каждый из четырех прямых углов, имеющих общую вершину в точке *O*, пополам. Из точек *A*, *B*, *C* и *D* проводят дуги радиусом *R′*, немного большим половин дуг, стягивающих концевые точки диаметров *AB* и *CD*. Аналогичные построения выполняют с помощью угольника с углами 45° (рис. 1.14, *в*). Гипотенуза угольника должна проходить через центр окружности — точку *O*.

Деление окружности на пять и десять равных частей. В окружности (рис. 1.15, *а*) проводят два взаимно перпендикулярных диаметра *AB* и *CD*. Затем делят отрезок *OD* пополам (*OK* = *KD*). Из точки *K* проводят дугу радиусом *AK* до пересечения с радиусом *CO* в точке *M*. Хорда *AM* равна стороне вписанного пятиугольника. Размер, равный стороне пятиугольника, откладывают в разные стороны от оси симметрии, делая засечки на окружности дугами радиуса $R' = |AM|$. Деление окружности на 10 равных частей показано на рис. 1.15, *б*.

1.6.5. Построение и обозначение уклонов и конусности

Уклоном называют величину, характеризующую наклон одной прямой линии к другой прямой, т. е. отношение катета *BC* к катету *AB* в прямоугольном треугольнике *ABC* (рис. 1.16). Уклон представляет собой тангенс угла α, образованного гипотенузой *AC* с

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

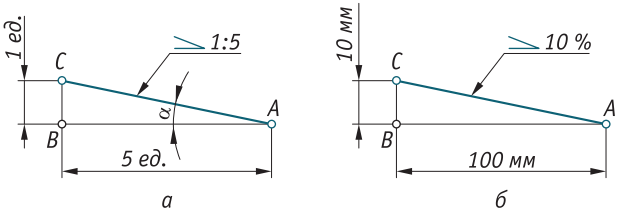


Рис. 1.16

катетом *AB*. Если катет *BC* равен единице любой длины, то при уклоне 1 : 5 катет *BA* будет равен пяти таким же единицам. Уклон может выражаться в процентах. Гипотенуза прямоугольного треугольника *ABC* с катетами *BC* длиной 10 мм и *AB* длиной 100 мм или катетами *BC* длиной 5 мм и *AB* длиной 50 мм будет иметь уклон 10 %.

На чертеже перед размерным числом, определяющим уклон, наносят условный знак «∠» (ГОСТ 2.307—68), острый угол которого направляют в сторону уклона (см. рис. 1.16). Геометрические уклоны строят на чертежах деталей определенного профиля (сортамента) или на чертежах деталей, изготавливаемых литьем. Построение контура детали (рис. 1.17, *а*), верхнее основание которой имеет уклон 10 %, начинают с вычерчивания линии *AC* с заданным уклоном (рис. 1.17, *б*) — гипотенузы прямоугольного треугольника с катетами *AB* длиной 50 мм и *BC* длиной 5 мм. Через

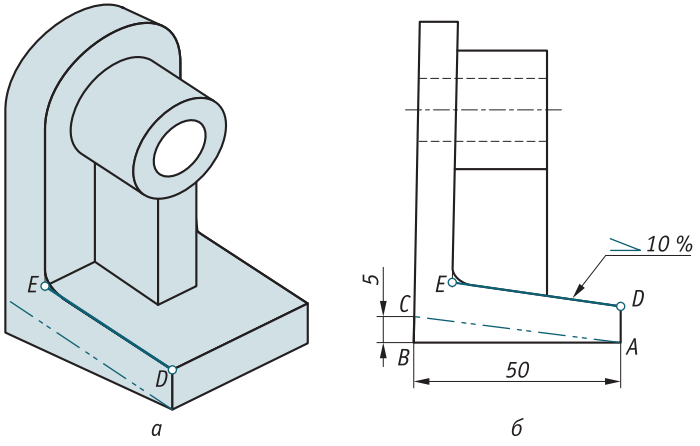


Рис. 1.17

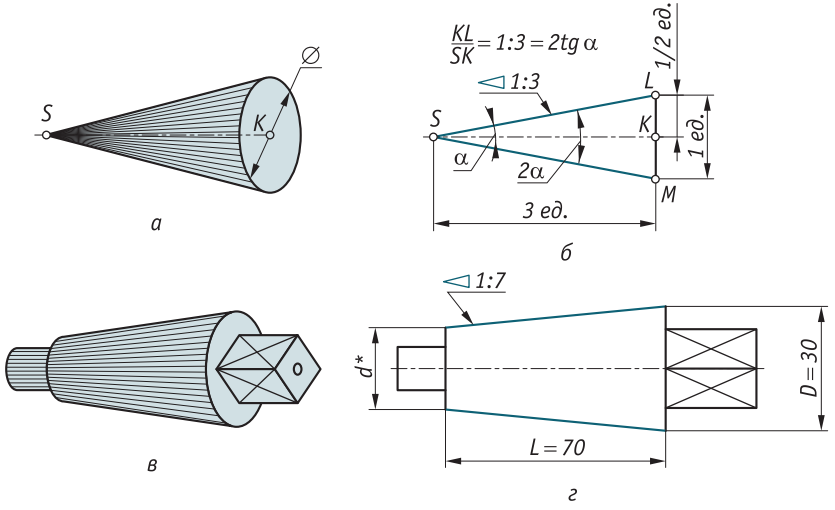


Рис. 1.18

точку *D* проводят линию, параллельную линии *AC*. Полученная линия *DE* будет иметь уклон 10 %, как и прямая *AC*.

Конические элементы деталей выполняют с заданной конусностью. *Конусность* — это отношение диаметра конуса к его высоте (рис. 1.18, *а*). Очертание конуса с конусностью 1 : 3 показано на рис. 1.18, *б*. Для усеченного конуса (рис. 1.18, *в*) конусность — это

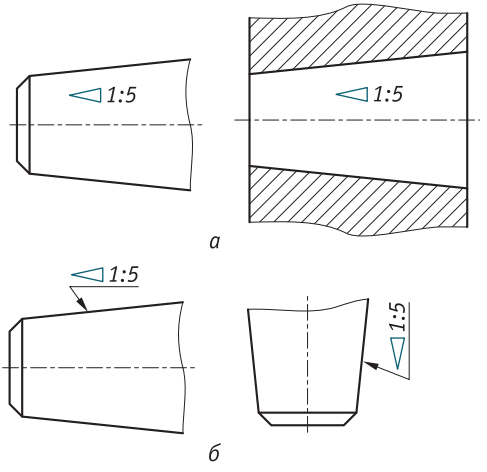


Рис. 1.19

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

отношение разности диаметров к его высоте. Пример выполнения контура детали, имеющей форму усеченного конуса и заданную конусность 1 : 7, показан на рис. 1.18, *г*. Из трех размеров, характеризующих конусность, было задано два: диаметр большего основания конуса и длина усеченного конуса, т. е. расстояние между центрами его оснований. По формуле $(D - d)/L = 1 : 7$ определяем величину меньшего диаметра: $7d = 140$, следовательно, $d = 20$ мм. Из трех размеров, характеризующих конусность, на чертеже проставляют два и условный знак конусности. Знак конусности «◁» (ГОСТ 2.307—68) имеет вид равнобедренного треугольника, острый угол которого направлен в сторону вершины конуса (см. рис. 1.18, *в*, *г*). Знак конуса и конусность в виде соотношения наносят над осевой линией или на полке линии-выноски (рис. 1.19).

Нормальные конусности и углы конусов устанавливает ГОСТ 8593—81, а ГОСТ 25548—82 устанавливает термины и определения. Ниже приведены стандартные нормальные конусности, применяемые в машиностроении: 1 : 3; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 6; 1 : 7; 1 : 8; 1 : 10; 1 : 12; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 30; 1 : 50; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 500.

1.6.6. Сопряжения

Сопряжение — это плавный переход одной линии в другую. Общая точка этих линий называется *точкой сопряжения*, или *перехода*. Точка перехода двух дуг окружностей лежит на линии их центров. Точка касания прямой и окружности — основание перпендикуляра, опущенного из центра окружности на прямую.

Сопряжение двух сторон угла дугой окружности заданного радиуса. Центр сопряжения двух сторон угла дугой заданного радиуса находится на равных расстояниях от заданных прямых. На

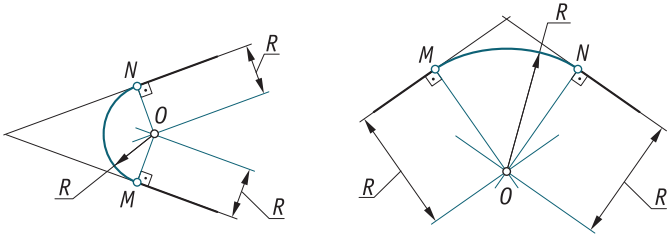


Рис. 1.20

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

расстоянии, равном радиусу дуги R, проводят две прямые, параллельные сторонам острого (рис. 1.20, *а*) и тупого (рис. 1.20, *б*) углов. Точка O пересечения этих прямых — центр сопряжения дуги радиуса R. Точки сопряжения дуг с заданными прямыми — основания перпендикуляров (точки M и N), опущенных из центра O на эти прямые.

При выполнении сопряжения сторон прямого угла дугой заданного радиуса центр сопряжения строят с помощью циркуля. Из вершины прямого угла на его сторонах дугами, равными радиусу сопряжения, делают засечки — точки M и N. Из этих точек, как из центров, проводят дуги того же радиуса до пересечения в точке O — центре сопряжения. Из центра O описывают дугу окружности MN.

Построение внешнего сопряжения двух дуг заданного радиуса третьей дугой. У внешних сопряжений (рис. 1.21) центры O_1, O_2 и O_3 сопрягаемых дуг радиусов R_1, R_2 и R_3 находятся вне сопрягаемых дуг радиусов R_5 и R_6.

Построение внутреннего сопряжения двух дуг заданного радиуса третьей дугой. При внутреннем сопряжении центры сопря-

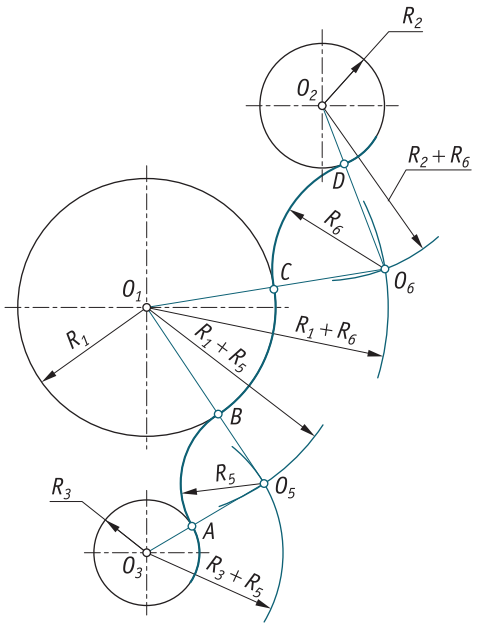


Рис. 1.21

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

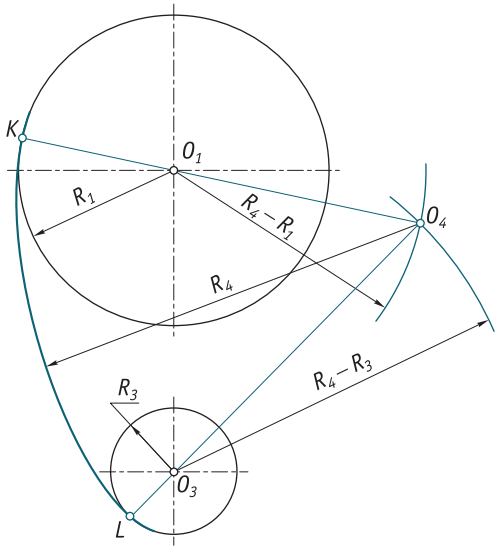


Рис. 1.22

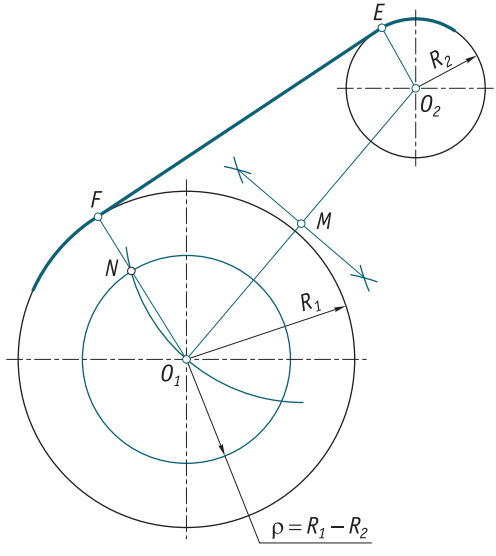


Рис. 1.23

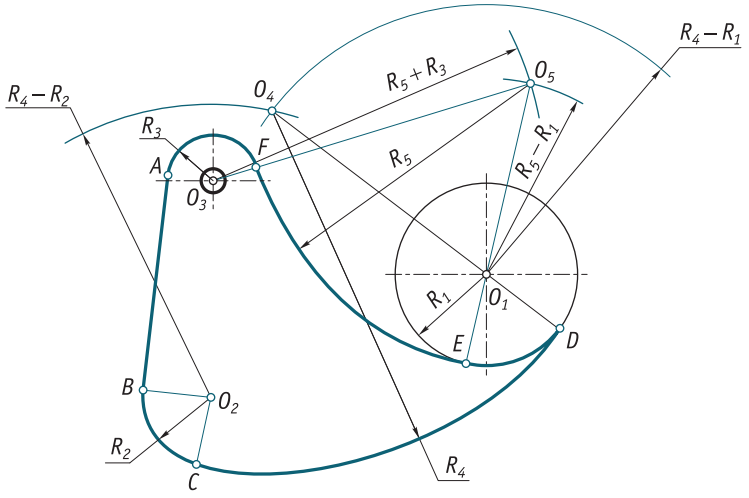


Рис. 1.24

гаемых дуг находятся внутри сопрягающей дуги заданного радиуса. Построение внутреннего сопряжения двух дуг радиусов R_1 и R_3 дугой радиуса R_4 показано на рис. 1.22.

Построение общей касательной к двум окружностям заданных радиусов R_1 и R_2 с центрами O_1 и O_2. При построении общей касательной выполняют следующие действия(рис. 1.23):

а) из центра O_1 проводят окружность радиусом $\rho = R_1 - R_2$;

б) из середины отрезка прямой O_1O_2 точки M через точку O_1 проводят дугу до пересечения с окружностью радиуса ρ в точке N;

в) продолжая радиус O_1N до пересечения с заданной окружностью радиуса R_1, определяют точку касания F;

г) для получения точки касания на второй окружности радиуса R_2 из центра O_2 проводят радиус O_2E параллельно радиусу O_1F;

д) соединяя найденные точки E и F прямой линией, строят общую касательную к двум заданным окружностям.

Построение смешанного сопряжения двух дуг заданного радиуса третьей дугой. При построении смешанного сопряжения центр одной из сопряженных дуг лежит внутри сопрягающей дуги, а центр другой сопрягающей дуги — вне ее. При изображении контура детали (рис. 1.24) на участке от точки D до точки A выполнено смешанное сопряжение двух дуг заданных радиусов R_1 и R_3 третьей дугой радиусом R_5.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

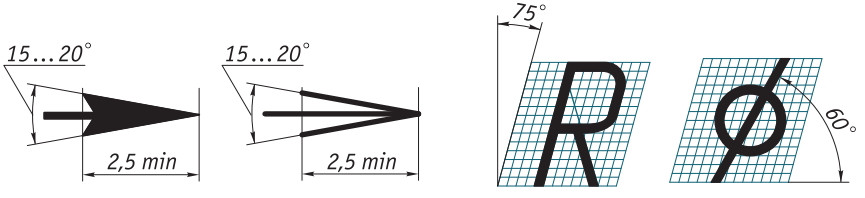
1.7. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

ГОСТ 2.307—68 устанавливает правила нанесения размеров на чертежах и других технических документах. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Размерные и выносные линии, стрелки и размерные числа. Чтобы нанести на чертеж размеры, нужно провести выносные и размерные линии, выполнить на концах размерных линий стрелки, проставить размерные числа и необходимые дополнительные знаки (рис. 1.25). Размерные и выносные линии выполняют сплошными тонкими линиями. Размерные числа должны соответствовать действительным размерам, независимо от масштаба изображения.

Размеры бывают линейными (длина, ширина, высота, величина диаметра или радиуса) и угловыми (размеры углов). Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно отрезку, а выносные линии — перпендикулярно размерным линиям (рис. 1.26). Размерные линии проводят между линиями видимого контура (линейные размеры ∅30 и 55); между выносными линиями (линейные размеры 100, 80, 70, 60, 32, 26 по горизонтали — ширина детали и по высоте 180, 75, 65, 40, 25); между осевыми и центровыми линиями (линейный размер 75). При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии — радиально (см. угловой размер 120° на рис. 1.26).

Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии. Величины элементов



а б в

Рис. 1.25

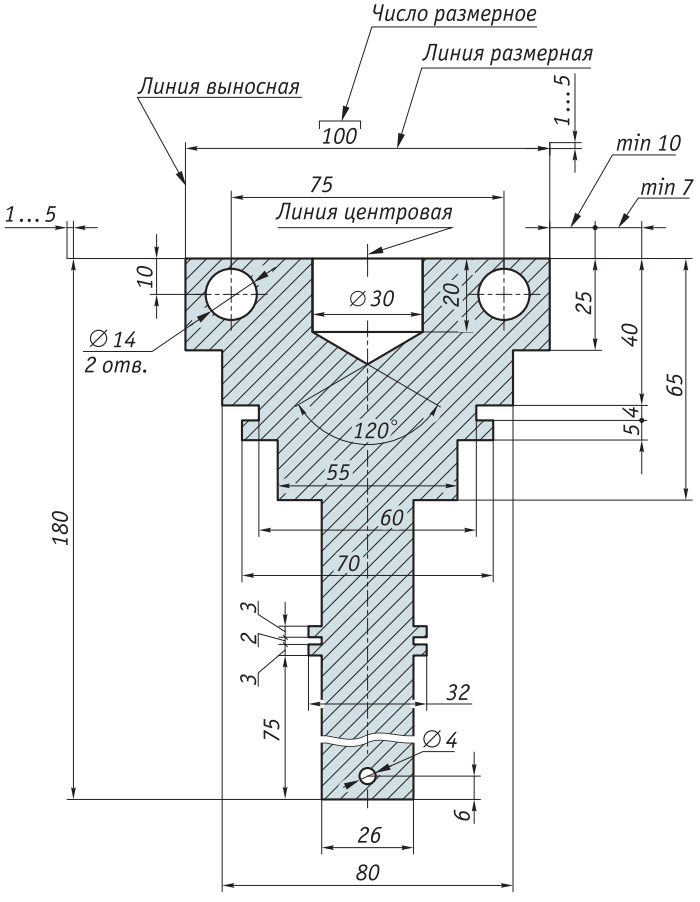


Рис. 1.26

стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линии видимого контура *s* и вычерчивают их приблизительно одинаковыми по всему полю чертежа (форму стрелок и примерное соотношение элементов см. на рис. 1.25, *а*). Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями — 7 мм, а между размерной линией и линией контура — 10 мм (см. рис. 1.26).

Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии (или, соответственно, за контурные, осевые, центровые и

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

т. д.) и стрелки наносят так, как показаны линейные размеры 10 и 6 (см. рис. 1.26). При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками под углом 45° к размерным линиям (цепочка 3, 2, 3) или четко наносимыми точками (цепочка 5, 4). При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (размер 180). В качестве размерных линий не допускается использовать линии контура, осевые и центровые линии. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. В качестве исключения допускается проводить выносные линии не под прямым углом к направлению измерения. Размерные и выносные линии вместе с измеряемым отрезком должны образовывать параллелограмм (рис. 1.27).

Размерные числа наносят над размерной линией, ближе к ее середине. При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий (см. рис. 1.26) размерные числа располагают в шахматном порядке (линейные размеры 55, 60 и 70). Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий определяется удобством чтения чертежа. Расположение размерных чисел при различных наклонах размерных линий показано на рис. 1.28. Если наклон размерной линии к вертикали меньше 30°, то размерное число наносят на полке линии-выноски. При нанесении размерного числа в заштрихованной зоне его размещают на полке линии-выноски (см. рис. 1.28) или линию штриховки прерывают в местах нанесения размерного числа (см. угловой размер 120°; линейные размеры 20, 55, 60, 70 на рис. 1.26).

На поле одного чертежа размерные числа выполняют шрифтом одного размера, предпочтительнее — шрифтом размера 3,5.

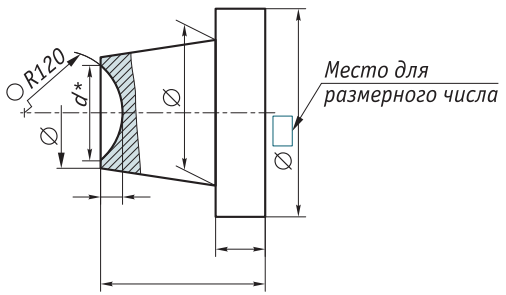


Рис. 1.27

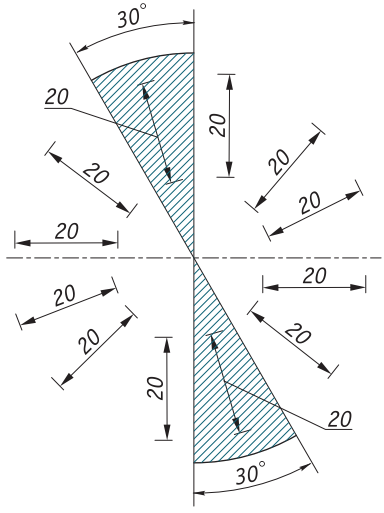


Рис. 1.28

Размерные числа не допускается разделять или пересекать линиями чертежа. В местах нанесения размерного числа осевые и центровые линии должны прерываться (см. линейные размеры 60, 70; размер ∅30 и угловой размер 120° на рис. 1.26). При недостатке места для стрелок из-за близко расположенной контурной линии ее прерывают (см. размер 32 на рис. 1.26). При недостатке места стрелки или числа наносят, как показано на рис. 1.29.

Нанесение знака диаметра при указании размеров диаметра. Знак диаметра — окружность, равная высоте размерных чисел чертежа, пересеченная косой чертой под углом 60° к размерной линии (см. рис. 1.25, *в*), являющаяся дополнительным средством для пояснения формы предмета или его элементов, представляющих собой поверхности вращения. Знак проставляют перед размерным числом диаметра (см. рис. 1.26, 1.27). Пользуясь этим знаком, уменьшают количество изображений на чертеже. Например, применение знака диаметра позволило ограничиться одной проекцией (см. рис. 1.27). На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси цилиндра, размеры диаметров наносят, как показано на рис. 1.30. Размерные линии в этих случаях проводят с наклоном 30...45° к центровой линии. Допускается размерную линию для диаметра окружности проводить с обрывом (см. рис. 1.30) независимо от того, изображена окружность полностью или частично (размеры ∅20 и ∅48). При недо-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

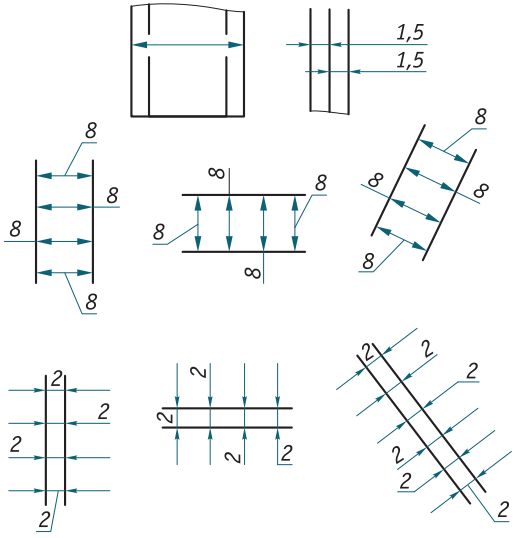


Рис. 1.29

статке места стрелки знаки и размерные числа наносят, как показано на рис. 1.31.

Нанесение размеров дуг окружностей. При нанесении размера радиуса дуги (окружности) перед размерным числом помещают прописную букву *R* (см. рис. 1.25, *б*). Вид сверху детали (рис. 1.32, *а*) показан на рис. 1.32, *б*. На этом виде указаны размеры, имеющие перед размерными числами знак радиуса. Размер знака радиуса равен высоте размерных чисел на чертеже. Если при нанесении размера радиуса дуги окружности (см. рис. 1.32, *б*) не-

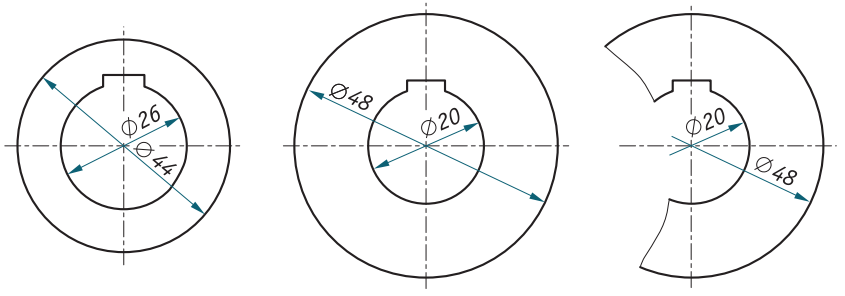


Рис. 1.30

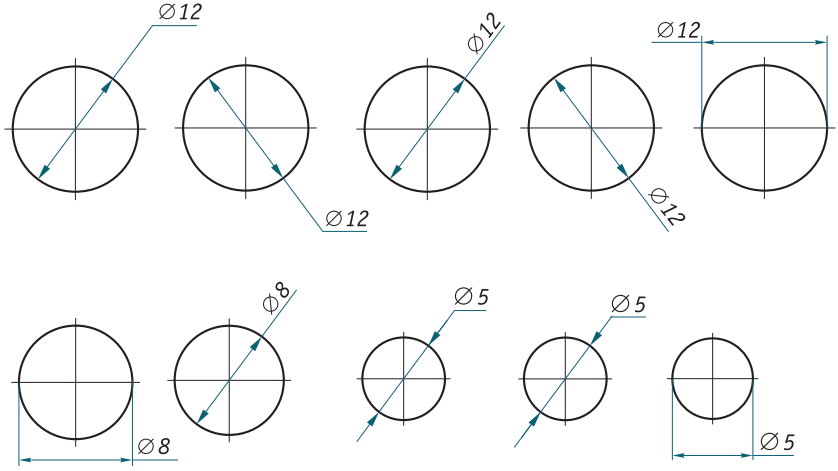


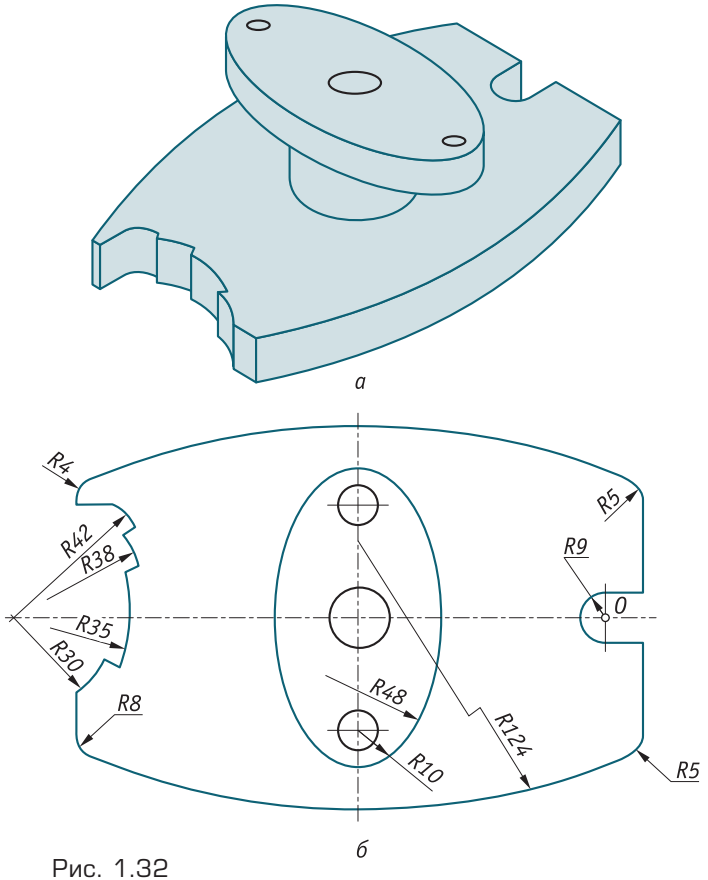
Рис. 1.31

обходимо указать размер положения ее центра, то последний изображают пересечением центровых или выносных линий (центр радиуса *R*9 — точка *O*). Если не требуется указывать положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра (размер *R*48).

При большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге (см. размер *R*120 на рис. 1.27 и размер *R*124 на рис. 1.32, *б*), а размерную линию радиуса показывать с изломом под углом 90°. При совпадении центров нескольких радиусов (см. рис. 1.32, *б*) размерные линии допускается не доводить до центра, кроме крайних (размеры радиусов *R*30, 35, 38 и 42). При малой величине радиусов наружных скруглений размерные линии и стрелки рекомендуется располагать, как показаны размеры радиусов *R*4, 5 и 8, а при малых размерах радиусов внутренних скруглений размерные линии и стрелки выполняют, как показано на рис. 1.33, *а*. При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой (рис. 1.33, *б*). Контурная прямая, пересекающая стрелку размерной линии, должна выполняться с разрывом, если центр дуги окружности находится на оси симметрии изображения (рис. 1.33, *в*).

Если радиусы скруглений одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров радиусов на изображении рекомендуется делать надпись типа «Ради-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

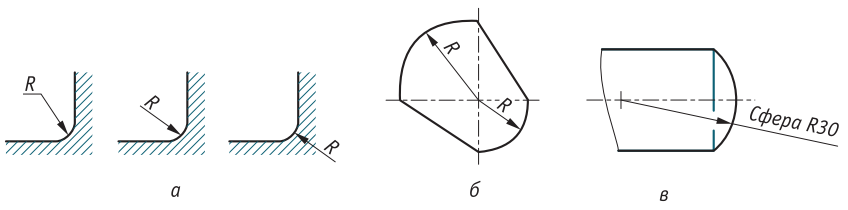


а

б

Рис. 1.32

усы скруглений 1,5 мм», «Радиусы внутренних скруглений 4 мм», «Неуказанные радиусы 5 мм» в технических требованиях (на свободном поле чертежа, имеющимся над основной надписью).



а *б* *в*

Рис. 1.33

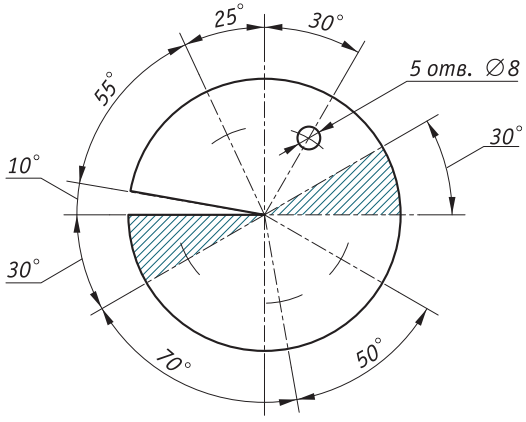


Рис. 1.34

Если изделие имеет форму сферической поверхности, то перед размерным числом ставится знак диаметра или радиуса (см. размер *R*120 на рис. 1.27 и размер *R*30 на рис. 1.33, *в*). Если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается наносить слово «Сфера» или знак «O» (см. рис. 1.27, 1.33, *в*).

Нанесение угловых размеров. Для указания размера угла размерная линия проводится в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии — радиально (рис. 1.34). В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа поме-

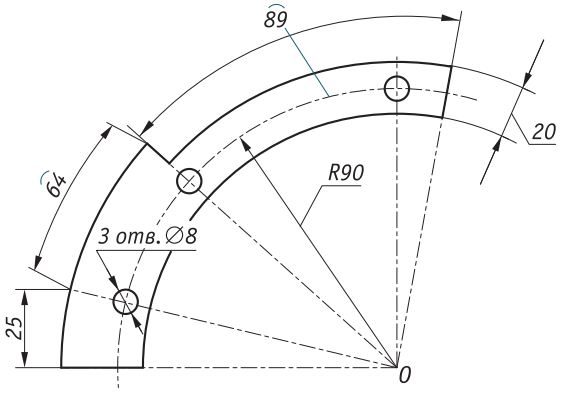


Рис. 1.35

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

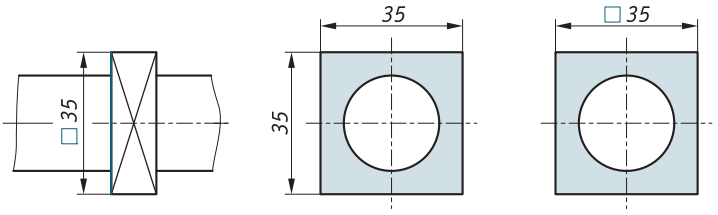


Рис. 1.36

щают над размерными линиями со стороны выпуклости, а в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии, — со стороны вогнутости размерных линий. В заштрихованной зоне размерные числа наносить не рекомендуется. При необходимости размерные числа указывают на горизонтальной полке линии-выноски. Для углов малых размеров при недостатке места размерные числа помещают на полках линий-выносок в любой зоне.

Нанесение размеров длин дуг окружностей. Для нанесения длины дуги окружности размерную линию проводят концентрично дуге (рис. 1.35). Знак дуги « ∩ » располагают над размерным

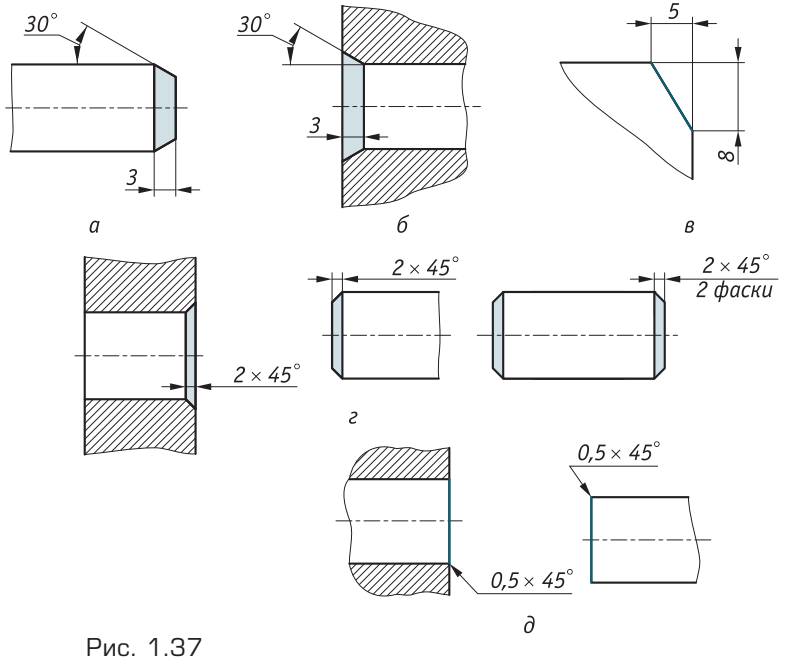


Рис. 1.37

числом, а выносные линии — параллельно биссектрисе угла (дуга ∩ 64). Допускается располагать выносные линии размера дуги радиально. Если имеются концентрические дуги, то указывают, к какой дуге относится размер (дуга ∩ 89). Для деталей со сторонами в виде дуг размерные линии проводят в радиусном направлении, а выносные — по дугам окружностей (размер 20). При нескольких концентрических размерных линиях дуг размерные числа над ними проставляют в шахматном порядке.

Нанесение размеров квадратов. Высота знака квадрата должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже (рис. 1.36).

Нанесение размеров фасок. Фаски выполняют на поверхностях вращения и на ребрах гранных изделий. Величину фасок указывают линейными и угловыми размерами (рис. 1.37, *а*, *б*) или двумя линейными размерами (рис. 1.37, *в*). Фаски с углом наклона 45° указывают в виде произведения катета на угол 45° (рис. 1.37, *г*). Не изображенную на чертеже фаску под углом 45°, размер которой в масштабе чертежа 1 мм и менее, указывают на

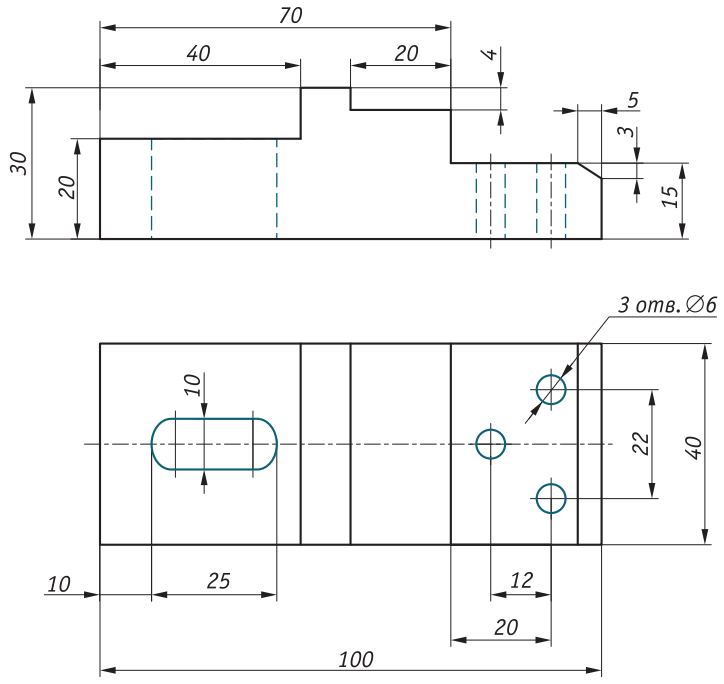
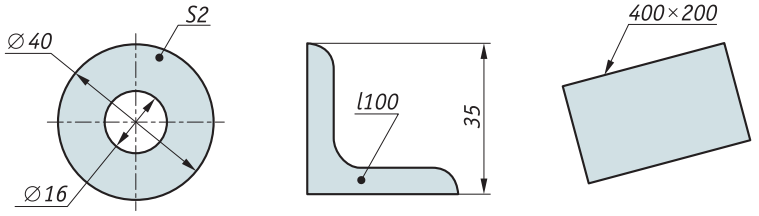


Рис. 1.38

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



а *б* *в*

Рис. 1.39

полке линии-выноски, проведенной от границы изображения (рис. 1.37, *g*).

Нанесение размеров, относящихся к одному элементу. Размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на изображении, на котором форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 1.38). Допускается не наносить на чертеже размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий (см. рис. 1.38).

При изображении детали в одной проекции размеры ее толщины (*s*2) или длины (*l*100) наносят, как показано на рис. 1.39, *а*, *б*. Размеры детали или отверстия прямоугольного сечения можно указывать на полке линии-выноски размерами сторон через знак умножения. На первом месте указывают размер стороны прямоугольника и от нее проводят линию-выноску (рис. 1.39, *в*).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие масштабы установлены стандартом?
2. Какая линия применяется для обозначения разрезов?
3. Как разделить окружность на пять частей?
4. Что называется уклоном? Как определить величину уклона?
5. Что называется конусностью? Как определить конусность?
6. Какое сопряжение называется внешним, внутренним и смешанным?
7. Как располагают стрелки размерных линий при недостатке места для их размещения?
8. Чем отличается нанесение размеров фасок, расположенных под разными углами?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 2

ТЕОРИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

2.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ВИДАХ ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Начертательная геометрия — наука о методах построения плоских изображений геометрических фигур, расположенных в пространстве трех измерений. Одной из основных целей начертательной геометрии является задача построения плоских изображений геометрических фигур, по которым получают точное представление о форме, размерах и положении этих фигур в пространстве. Эту задачу решают операцией проецирования, которая лежит в основе всех методов построения изображения на плоскости.

Пусть в пространстве задана плоскость Π' — плоскость проекций и некоторая точка A (рис. 2.1, *а*). Через точку A проведем прямую l так, чтобы она пересекла плоскость Π' в некоторой точке A'. Построенную точку A' называют проекцией точки A, а прямую l — проецирующей прямой. Точку A принято называть оригиналом проекции A'. Если проецирующие прямые исходят из одной точки, то проецирование называется *центральным*. Центральной проекцией точки A называют точку A' пересечения проецирующей прямой SA с плоскостью проекции Π' (рис. 2.1, *б*). Примерами центральных проекций являются фотоснимки, кинокадры, тени.

Если проецирующие прямые параллельны между собой и заданному направлению проецирования $\overline{s}$, то проецирование называется *параллельным*. *Параллельной проекцией* точки A называют точку A' пересечения проецирующей прямой $l \parallel \overline{s}$ с плоскостью проекций Π' (рис. 2.1, *в*). Рассмотрим некоторые свойства параллельных проекций:

1) проекция прямой AB есть прямая $A'B'$ или точка, если $AB \parallel \overline{s}$;

2) точка C, принадлежащая прямой AB в пространстве, проецируется в точку C', принадлежащую проекции $A'B'$ прямой на плоскости;

3) отношение длин отрезков, лежащих на одной прямой, сохраняется (см. рис. 2.1, *в*), т. е. $\frac{|AC|}{|CB|}=\frac{|A'C'|}{|C'B'|}$;

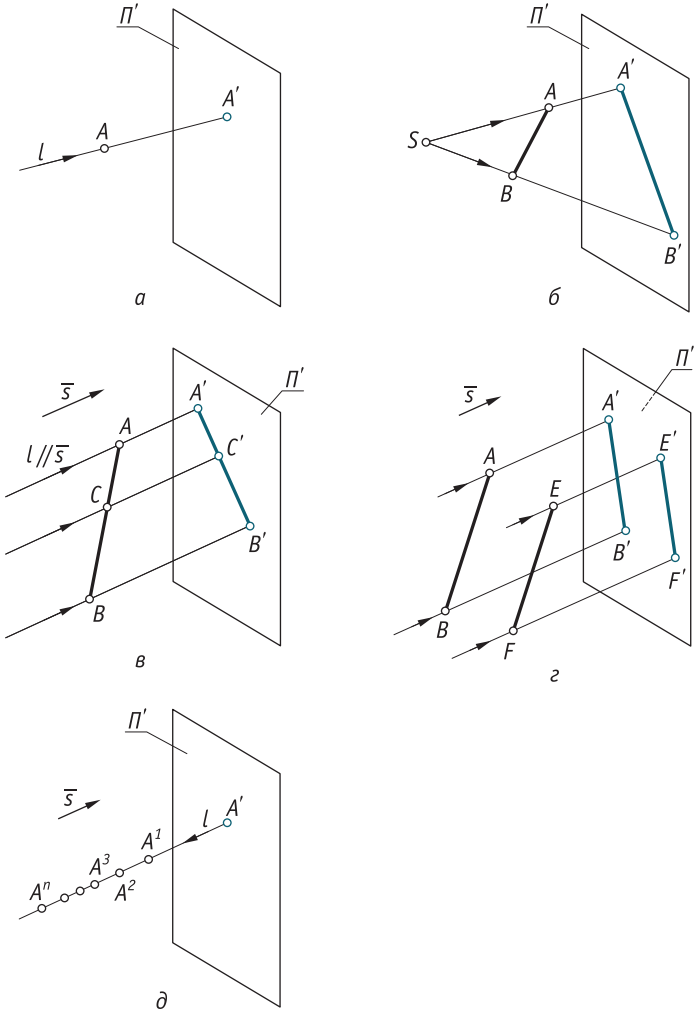


Рис. 2.1

4) прямые *AB* и *EF*, параллельные в пространстве, проецируются на плоскости в виде параллельных прямых $A'B'$ и $E'F'$(рис. 2.1, *г*).

Если направление проецирования $\bar{s}$ составляет с плоскостью проекций П′ острый угол, то параллельную проекцию называют *косоугольной*. Если направление проецирования $\bar{s}$ перпендикулярно плоскости П′, то проецирование называют *ортогональным* (*прямоугольным*). Свойства параллельных проекций действительны для ортогональных проекций, являющихся частным случаем параллельных. Ортогональное проецирование наиболее распространено в технических чертежах.

Методы проецирования на одну плоскость позволяют однозначно решать прямую задачу, т. е. по данному оригиналу строить его проекционное изображение. Однако обратная задача — по данному проекционному изображению воспроизвести (реконструировать) оригинал — не решается однозначно. Эта задача допускает множество решений, так как каждой точке A' в плоскости проекций П′ в пространстве будет соответствовать множество точек A^1, A^2, A^3,..., A^n, принадлежащих проецирующей прямой *l* (рис. 2.1, *g*). Изображения, состоящие из одной проекции (см. рис. 2.1), необратимы и, следовательно, не могут называться чертежом.

В предлагаемом курсе будут применяться только два вида обратимых чертежей: чертежи в ортогональных проекциях (чертежи Монжа) и чертежи в аксонометрических проекциях.

2.2. ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ. ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА МОНЖА

Построение ортогональной проекции точки *A* на плоскость проекций $П_1$ показано на рис. 2.2, *а*. *Ортогональной проекцией* точки *A* на плоскость $П_1$ называют основание A_1 перпендикуляра, опущенного из точки *A* на плоскость $П_1$. Прямая $AA_1 \perp П_1$ называется проецирующей прямой. Изображение на одну плоскость проекций не является обратимым, т. е. по нему нельзя восстановить положение точки-оригинала в пространстве.

Проекции точки на две плоскости проекций. Схему построения обратимого чертежа предложил в конце XVIII в. знаменитый французский геометр и государственный деятель Гаспар Монж. По схеме Монжа оригинал проецируется ортогонально на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций $П_1$ и $П_2$, где $П_1$ — горизонтальная плоскость проекций, располагаемая в простран-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

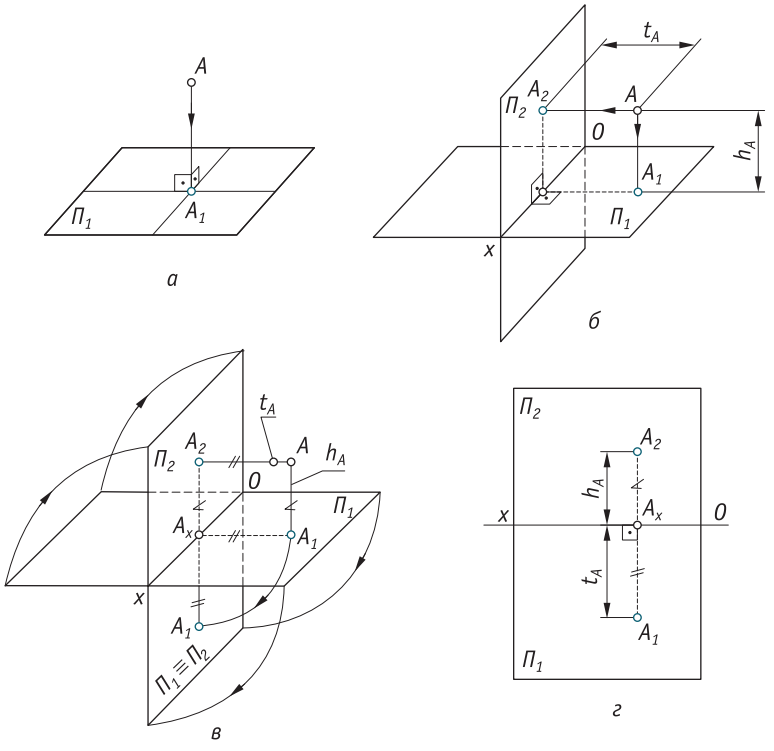


Рис. 2.2

стве горизонтально, а $П_2$ — фронтальная плоскость проекций, располагаемая вертикально. Плоскости $П_1$ и $П_2$ пересекаются между собой по прямой *Ox*, называемой осью проекций. Проекции точки *A* на плоскостях $П_1$ и $П_2$ обозначают A_1, A_2 и называют соответственно горизонтальной и фронтальной проекциями точки *A* (рис. 2.2, *б*).

Построенное изображение точки *A* на две плоскости проекций $П_1$ и $П_2$ является обратимым. Перпендикуляры A_1A и A_2A, восставленные в точках A_1 и A_2 соответственно к плоскостям $П_1$ и $П_2$, лежат в одной плоскости. Точка *A* их пересечения является искомой точкой пространства, определяемой данной парой точек A_1 и A_2. Удаление A_1A точки *A* от горизонтальной плоскости проекций $П_1$ называют *высотой* точки *A* и обозначают h_A, а ее расстояние A_2A от фронтальной плоскости проекций $П_2$ называют *глубиной* точки *A* и обозначают t_A. Построенные проекции точки расположены в разных плоскостях.

Для получения плоского изображения Монж предложил совместить плоскости $П_1$ и $П_2$ с построенными в них проекциями путем вращения плоскости $П_1$ вокруг оси *Ox* на 90° в направлении, указанном стрелками (рис. 2.2, *в*), так чтобы полуплоскость $П_1$ совместилась с нижней полуплоскостью $П_2$. В результате получаем ортогональный чертеж точки *A*, состоящий из двух проекций: A_1 и A_2 (рис. 2.2, *г*). Проекции A_1 и A_2 лежат на перпендикуляре A_1A_2 к оси проекций *Ox*. Прямую A_1A_2, соединяющую две проекции точки и перпендикулярную оси, называют *линией проекционной связи*.

Плоское изображение (см. рис. 2.2, *г*) Монж назвал эпюром. На эпюре отсутствует точка-оригинал *A* и проецирующие прямые AA_1 и AA_2. Эпюр точки *A* является обратимым изображением. По заданной горизонтальной проекции A_1 точки *A* определяем на эпюре высоту $h_A = |A_2A_x|$. Множество проекций точек пространства на плоскость $П_1$ называют *полем горизонтальных проекций точек*, а множество проекций точек пространства на плоскость $П_2$ — *полем фронтальных проекций*.

Проекционный чертеж, состоящий из двух связанных между собой проекций изображаемой фигуры, совмещенных в одной плоскости, называют *эпюром фигуры* (чертежом Монжа), или ее двухкартинным чертежом.

Проекции точки на три плоскости проекций. При изображении фигуры-оригинала сложной формы число проекций увеличи-

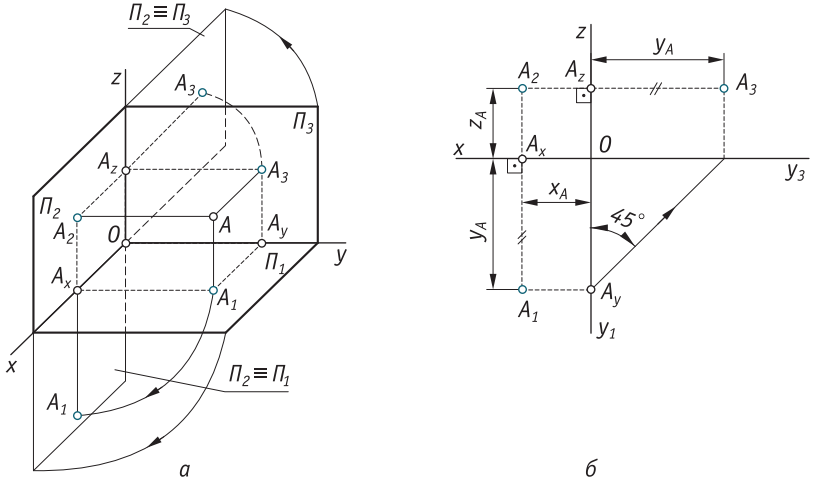


Рис. 2.3

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

вают. Рассмотрим проецирование точки на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций: $П_1$, $П_2$, $П_3$ (рис. 2.3, *а*). Плоскость $П_3$ называют профильной плоскостью проекций. Линии попарного пересечения трех плоскостей проекций образуют три оси (*Ox*, *Oy*, *Oz*), составляющие систему прямоугольных декартовых координат в пространстве с началом в точке *O*.

Пусть *A* — точка пространства. Опустим из нее перпендикуляры на плоскости проекций: $AA_1 \perp П_1$, $AA_2 \perp П_2$, $AA_3 \perp П_3$. Основания перпендикуляров (точки A_1, A_2, A_3) являются соответственно горизонтальной, фронтальной и профильной проекциями в системе трех плоскостей проекций. При построении плоского чертежа плоскость $П_2$ считают неподвижной, а плоскости $П_1$ и $П_3$ совмещают с ней путем вращения соответственно вокруг осей *Ox* и *Oz* в направлении, указанном стрелками.

После совмещения плоскостей $П_1$ и $П_2$ проекции A_1 и A_2 расположены на вертикальной линии связи $A_1A_2 \perp Ox$. Аналогично после совмещения плоскостей $П_3$ и $П_2$ проекции A_3 и A_2 будут на линии связи — горизонтальной прямой $A_2A_3 \perp Oz$ (рис. 2.3, *б*). Так как глубина точки AA_2 проецируется без искажения на $П_1$ и $П_3$, то точку A_3 строят по ее проекциям A_1 и A_2. Для этого через проекцию A_2 проводят линию связи $A_2A_3 \perp Oz$. Затем на поле $П_1$ измеряют глубину точки A_1A_x и откладывают ее по линии связи A_2A_3 от оси *Oz* вправо, получая профильную проекцию A_3 точки *A*. Получаем ортогональный чертеж точки *A* в системе трех плоскостей проекций.

Первый раз ось *Oy* изображена и обозначена Oy_1 как результат ее вращения с плоскостью $П_1$ до совмещения с осью *Oz*, а второй раз — Oy_3 как результат ее вращения с плоскостью $П_3$ до совмещения с осью *Ox*. Плоскости $П_1$, $П_2$, $П_3$ условно приняты ограниченными и непрозрачными и после совмещения их границы на эпюре не показывают (см. рис. 2.3, *б*).

В трехмерном пространстве положение точки определяют с помощью прямоугольных декартовых координат *x*, *y*, *z*. Координату *x* называют абсциссой, *y* — ординатой, *z* — аппликатой. Абсцисса *x* определяет расстояние от данной точки до плоскости $П_3$, ордината *y* — до плоскости $П_2$, аппликата *z* — до плоскости $П_1$. Если точка *A* задана в пространстве координатами *x*, *y*, *z*, то это обозначается так: *A*(*x*, *y*, *z*). Положение точки A_1 на плоскости $П_1$ определяют координатами x_A и y_A (см. рис. 2.3, *а*) и записывают так: $A_1(x_A, y_A)$. Положение точки A_2 на плоскости $П_2$ определяют координатами x_A, z_A и записывают так: $A_2(x_A, z_A)$. Положение точки A_3 в плоскости $П_3$ определяют координатами y_A, z_A и записывают так: $A_3(y_A, z_A)$.

2.3. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Чертеж Монжа не очень нагляден. Для облегчения понимания формы проектируемого изделия и большей наглядности кроме рабочего чертежа выполняют аксонометрический чертеж. Такой чертеж строят с помощью центрального, параллельного или ортогонального (прямоугольного) проецирования. Слово «аксонометрия» в переводе с греческого означает *измерение по осям*.

Пусть *Oxyz* — некоторая натуральная система координат, с которой жестко связана точка *A* (рис. 2.4, *а*), где:

e_x, e_y, e_z — натуральные масштабные единицы, т.е. отрезки, равные единице длины *e* и отложенные от начала координат *O* по координатным осям *x*, *y*, *z*;

A_1 — ортогональная проекция точки *A* на координатную плоскость *xOy* (можно взять и точки A_2, A_3 — ортогональные проекции точки *A* на координатные плоскости *xOz* и *yOz* соответственно);

OA_xA_1A — натуральная координатная ломаная точки *A*, длины отрезков которой определяют натуральные координаты заданной точки, т.е. $|OA_x| = x_A$; $|A_xA_1| = y_A$; $|A_1A| = z_A$.

Выберем некоторую плоскость проекций П′, называемую аксонометрической плоскостью проекций. Спроецируем ортогонально точку *A* с ее проекцией A_1, осями координат и координатной ломаной на плоскость П′. Проекции перечисленных геометрических элементов на плоскость П′ называют *аксонометрическими*, например:

A' — аксонометрическая проекция точки *A*, или аксонометрия точки *A*;

e'_x, e'_y, e'_z — аксонометрические проекции натуральных масштабных единиц, или аксонометрические масштабные единицы;

$O'A'_xA'_1A'$ — аксонометрическая проекция натуральной координатной ломаной точки *A*, или аксонометрическая координатная ломаная точки *A*, длины отрезков которой определяют ее аксонометрические координаты, т.е. $|O'A'_x| = x'_A$; $|A'_xA'_1| = y'_A$; $|A'_1A'| = z'_A$.

Аксонометрическую проекцию A'_1 точки A_1 (первичной) называют *вторичной проекцией* точки *A*, или ее *основанием*. Термин «вторичная проекция» подчеркивает, что точка A'_1 получена посредством двух последовательных ортогональных проецирований: первый раз — на *xOy*, второй раз — на П′.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Изображение на П′, включающее в себя аксонометрию A' точки A, ее вторичную проекцию A'_1, оси $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ и масштабные единицы e'_x, e'_y, e'_z на них, называют *аксонометрическим чертежом* точки A (рис. 2.4, *б*). Этот чертеж обратим, поскольку проекции A' и A'_1 точки A однозначно определяют ее положение в пространстве. Согласно свойству 3 (см. подразд. 2.1) параллель-

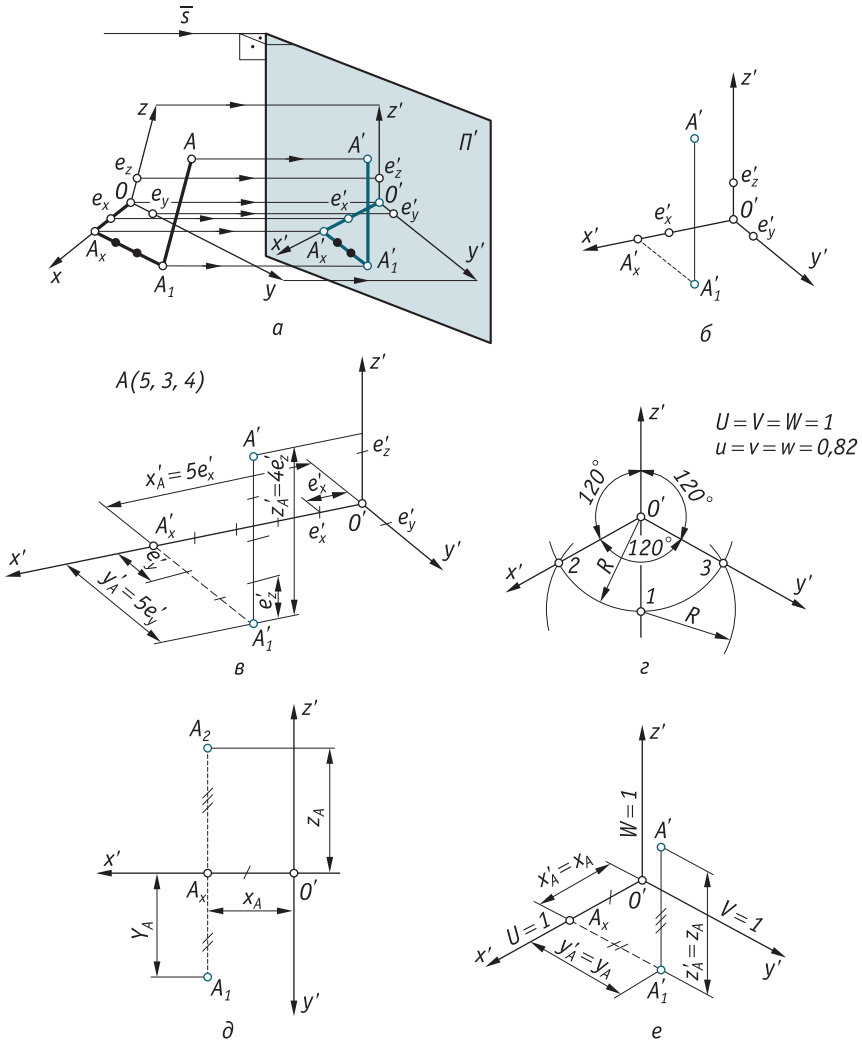


Рис. 2.4

ных проекций аксонометрический масштаб, например, e'_y отложится на звене $A'_xA'_1$ столько раз, сколько натуральный масштаб e_y откладывается на звене A_xA_1.

Аксонометрические координаты точки A, измеренные аксонометрическими масштабами, численно равны ее натуральным координатам. Если натуральный масштаб e_y откладывают на звене A_xA_1 три раза, т. е. $y_A = \dfrac{|A_xA_1|}{e_y} = 3$, то и аксонометрический масштаб e'_y откладывают на звене $A'_xA'_1$ три раза, т. е. $y'_A = \dfrac{|A'_xA'_1|}{e'_y} = 3$.

Пример 2.1. Даны аксонометрические оси $O'x'y'z'$ и аксонометрические масштабы e'_x, e'_y, e'_z на них (рис. 2.4, *в*). По заданным натуральным координатам точки A (5, 3, 4) построить ее аксонометрическую проекцию.

Зная, что аксонометрические координаты численно равны натуральным, строим аксонометрическую координатную ломаную $O'A'_xA'_1A'$. Из чертежа видим, что аксонометрический метод есть координатный метод построения наглядного изображения.

Применение произвольно выбранных масштабных единиц создает неудобства, поэтому пользуются коэффициентами искажения по аксонометрическим осям. Коэффициент искажения выражают через отношение длины аксонометрической проекции произвольного отрезка оси к его натуральной длине. Обозначив через u коэффициент искажения по оси $O'x'$, через v — коэффициент искажения по оси $O'y'$, через w — коэффициент искажения по оси $O'z'$, можно написать (см. рис. 2.4, *а*): $u = \dfrac{|O'A'_x|}{|OA_x|}$; $v = \dfrac{|A'_xA'_1|}{|A_xA_1|}$; $w = \dfrac{|A'_1A'|}{|A_1A|}$. Получим звенья аксонометрической координатной ломаной: $|O'A'_x| = u|OA_x|$; $|A'_xA'_1| = v|A_xA_1|$; $|A'_1A'| = w|A_1A|$.

Это свойство лежит в основе способа построения аксонометрического изображения геометрической фигуры по ее чертежу. Например, коэффициенты искажения по аксонометрическим осям равны: $u = 0{,}9$; $v = 0{,}5$; $w = 1{,}3$, а натуральные координаты точки A в миллиметрах, взятые с чертежа Монжа, имеют значе-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ния: $x = 80$; $y = 60$; $z = 100$. Тогда аксонометрические координаты точки A примут следующие значения: $x' = x \times u = 80 \times 0{,}9 = 72$; $y' = y \times v = 60 \times 0{,}5 = 30$; $z' = z \times w = 100 \times 1{,}3 = 130$.

В зависимости от соотношений величин коэффициентов искажения прямоугольные аксонометрические проекции подразделяются:

- на *триметрические*, когда все три коэффициента искажения различные, т. е. $u \neq v \neq w$;
- *диметрические*, когда равны два из них, например: $u = w \neq v$;
- *изометрические*, когда все три коэффициента одинаковые, т. е. $u = v = w$.

Так как коэффициенты искажения по аксонометрическим осям являются дробными величинами, пользоваться ими на практике неудобно. Поэтому путем подбора некоторого множителя m можно один из коэффициентов привести к единице и пересчитать остальные два. Множитель m называют коэффициентом приведения, а коэффициенты искажения называют приведенными и обозначают заглавными буквами латинского алфавита U, V, W. Аксонометрическую проекцию, построенную по приведенным коэффициентам искажения, называют *приведенной*, или *практической*.

ГОСТ 2.317—69 «Аксонометрические проекции» устанавливает виды аксонометрических проекций: прямоугольную изометрическую и прямоугольную диметрическую.

Прямоугольную изометрическую проекцию можно получить, если расположить натуральные оси координат под равными углами к плоскости Π'. Аксонометрические оси образуют между собой углы, равные 120° (рис. 2.4, *г*). Приведенные коэффициенты искажения по трем осям равны единице: $U = V = W = 1$. Для прямоугольных аксонометрий натуральные коэффициенты искажения меньше единицы (в частности, для прямоугольной изометрии он равен 0,82). Поскольку коэффициенты искажения для этого вида аксонометрии приведены к единице, то коэффициент приведения m определяют из условия: $u \times m = 1$, отсюда $m = 1 : 0{,}82 \approx \approx 1{,}22$. При использовании приведенных коэффициентов искажения изображение в прямоугольной изометрии получают увеличенным в аксонометрическом масштабе 1,22 : 1.

Пример 2.2. По эпюру точки A (рис. 2.4, *д*) построить ее прямоугольную изометрию.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Сначала строят аксонометрические оси прямоугольной изометрии (см. рис. 2.4, *г*). Выполняют построение вторичной горизонтальной проекции A_1' (аксонометрию горизонтальной проекции A_1) точки A по ее координатам $x_A' = x_A$ и $y_A' = y_A$. Координаты x_A и y_A берут с эпюра. Для этого от начала координат O' по оси $O'x'$ откладывают отрезок $O'A_x'$, равный координате x_A точки A (рис. 2.4, *е*). Из точки A_x' проводят прямую, параллельную оси $O'y'$, и на ней откладывают отрезок $A_x'A_1'$, равный координате y_A точки A. Построенная точка A_1' — вторичная горизонтальная проекция точки A. Из точки A_1' проводят прямую, параллельную оси $O'z'$ и на ней откладывают отрезок $A_1'A'$, равный координате z_A, взятый с эпюра. Построенная точка A' — искомая изометрия точки A.

Прямоугольную диметрическую проекцию получают, если двум осям координат (обычно Ox и Oz) приданы равные углы наклона к плоскости Π', а третья ось Oy наклонена так, что коэффициент искажения по ней вдвое меньше коэффициентов искажения по Ox и Oz. Если ось $O'z'$ расположить вертикально (рис. 2.5, *а*), то ось $O'x'$ образует с горизонтальной прямой угол 7°10′, ось $O'y'$ — угол 41°25′. Эти углы строят по их тангенсам, принимая tg 7°10′ = = 1/8, tg 41°25′ ≈ 7/8. Приведенные коэффициенты искажения по $O'x'$ и $O'z'$ равны единице, а по $O'y'$ — вдвое меньше, т.е. U = = 1, V = 0,5. Так как натуральные коэффициенты искажения по осям $O'x'$ и $O'z'$ одинаковые и равны 0,94, а по оси $O'y'$ равны 0,47, изображения в приведенной прямоугольной диметрии будут увеличены в 1,06 раза, т.е. можно говорить об аксонометрическом масштабе 1,06 : 1. Построение прямоугольной диметрии точки A (рис. 2.5, *б*) выполняют по ее ортогональным проекциям (см. рис. 2.4, *д*). Отрезок, параллельный оси $O'y'$, уменьшится в два раза,

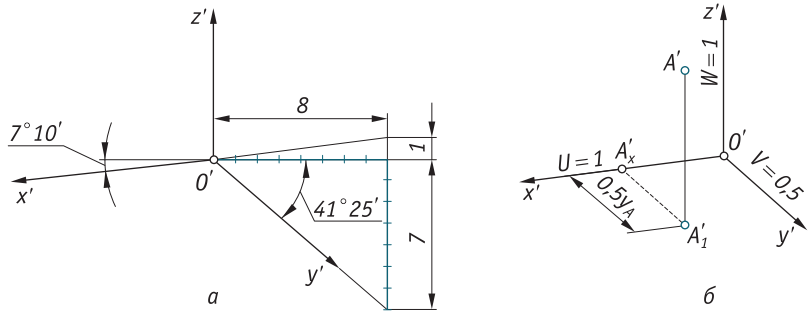


Рис. 2.5

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

так как приведенный коэффициент искажения V по этой оси равен 0,5.

2.4. ПРОЕКЦИИ ПРЯМОЙ

2.4.1. Задание прямой

В пространстве положение прямой может быть определено:

- двумя точками A и B и записывается так: $l(A; B)$;
- точкой и направлением, т. е. прямая l будет проходить через заданную точку A параллельно выбранному направлению $\bar{m}$; записывается так: $l(A; \bar{m})$;
- двумя плоскостями, как линия их пересечения, т. е. $l = \alpha \cap \beta$, и др.

На чертеже прямую l задают проекциями: двух точек, точки и направления, двух пересекающихся плоскостей и т. д. По расположению относительно плоскостей проекций прямые бывают общего и частного положений.

2.4.2. Прямая общего положения

Прямая общего положения — прямая, не параллельная ни одной из плоскостей проекций. В пространстве прямую линию однозначно определяют две точки: A и B (рис. 2.6, *а*), ограничиваю-

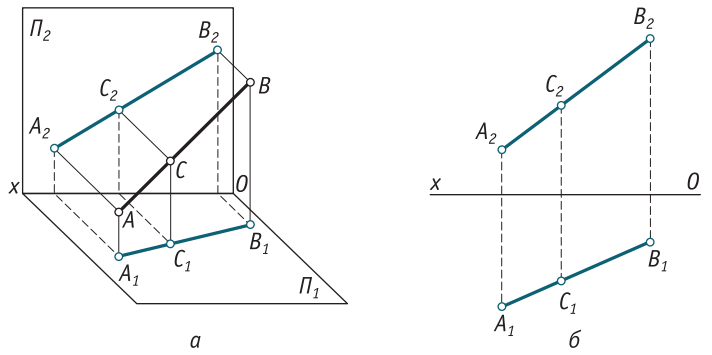


Рис. 2.6

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

щие отрезок [AB] прямой и определяющие положение прямой как безграничной линии. На эпюре (рис. 2.6, *б*) прямая общего положения задана проекциями двух точек: A и B, где A_1B_1 — горизонтальная проекция прямой; A_2B_2 — ее фронтальная проекция. На прямой AB выберем точку C (см. рис. 2.6, *а*) и построим ее проекции на Π_1 и Π_2. Эпюрный признак принадлежности точки и прямой: если точка C принадлежит прямой AB, то ее проекции C_1 и C_2 принадлежат одноименным проекциям A_1B_1 и A_2B_2 прямой AB, т.е. если $C \in (AB)$, то $C_1 \in A_1B_1$, а $C_2 \in A_2B_2$.

2.4.3. Прямые частного положения

Прямая частного положения — прямая, параллельная или перпендикулярная плоскостям проекций. Прямую, параллельную одной из трех плоскостей проекций, называют *линией уровня*. Прямая AB, параллельная плоскости Π_1, — *горизонтальная прямая* (рис. 2.7, *а*). Все ее точки удалены от плоскости Π_1 на одинаковом расстоянии. Проекция A_2B_2 параллельна оси Ox — эпюрный признак прямой. Профильная проекция этой прямой параллельна оси Oy_3. На плоскость Π_1 длина любого отрезка такой прямой проецируется без искажения. Угол φ — угол наклона горизонтальной прямой к плоскости Π_2.

Прямая CD, параллельная плоскости Π_2, — *фронтальная прямая* (рис. 2.7, *б*). Все точки этой прямой одинаково удалены от плоскости Π_2. Ее горизонтальная проекция C_1D_1 параллельна оси Ox — эпюрный признак прямой. Профильная проекция C_3D_3 параллельна оси Oz. На плоскость Π_2 длина любого отрезка фронтальной прямой проецируется без искажения. Угол θ — угол наклона фронтальной прямой CD к плоскости Π_1.

Прямая EF (рис. 2.7, *в*), параллельная плоскости Π_3, — *профильная прямая*. Все точки этой прямой одинаково удалены от плоскости Π_3. Ее горизонтальная проекция E_1F_1 параллельна оси Oy_1, а фронтальная проекция E_2F_2 — оси Oz, поэтому и горизонтальная, и фронтальная проекции прямой перпендикулярны оси Ox — эпюрный признак такой прямой. На плоскость Π_3 длина любого отрезка профильной прямой проецируется без искажения. На плоскости Π_3 получим углы наклона прямой EF: к Π_1 — угол θ, а к Π_2 — угол φ.

Проецирующие прямые — прямые, перпендикулярные одной из плоскостей проекций, являются проецирующими для всех своих точек. Прямая AB, перпендикулярная плоскости Π_1, — *горизон-*

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

тально-проецирующая прямая (рис. 2.8, *а*). Ее горизонтальная проекция $A_1 \equiv B_1$ вырождается в точку (эпюрный признак прямой $AB \perp \Pi_1$), а A_2B_2 и A_3B_3 параллельны вертикальным линиям связи.

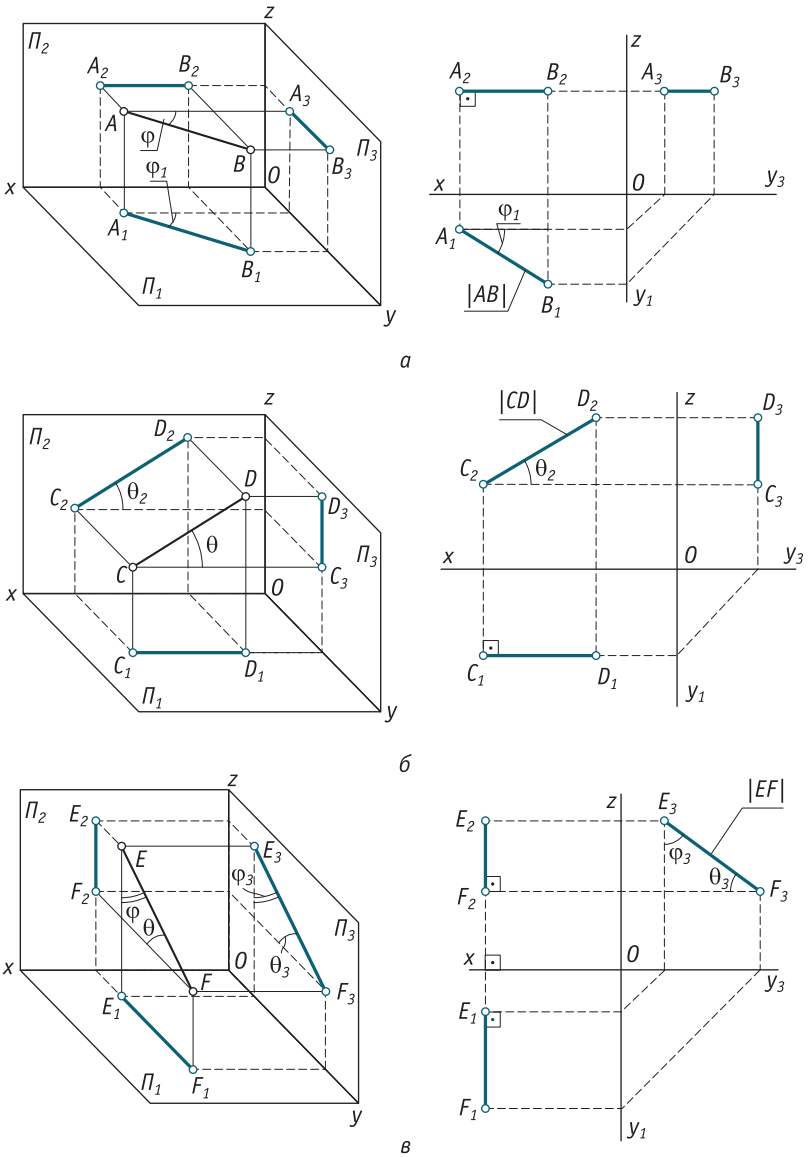


Рис. 2.7

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Фронтально-проецирующая прямая CD, перпендикулярная плоскости $П_2$, проецирует свои точки, в том числе *C* и *D*, на плоскость $П_2$ в одну точку, т.е. $C_2 \equiv D_2$ — эпюрный признак прямой (рис. 2.8, *б*). Проекция C_1D_1 параллельна вертикальной линии связи, а проекция C_3D_3 параллельна горизонтальной линии связи.

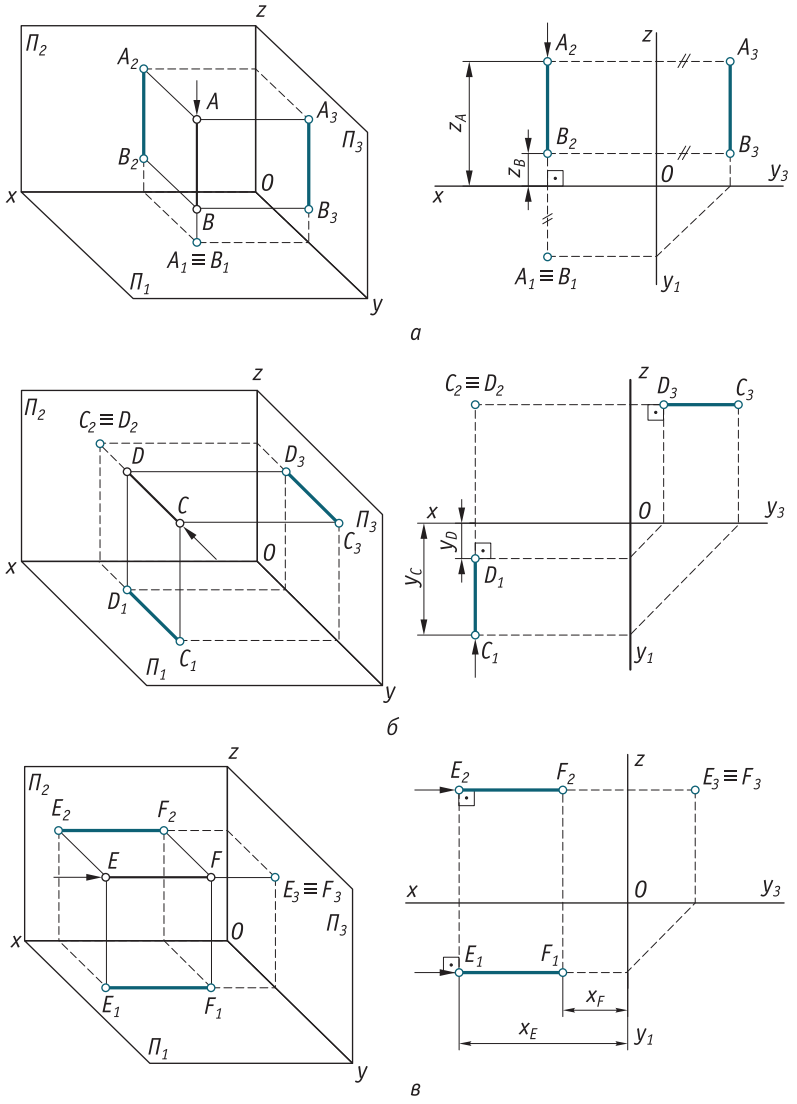


Рис. 2.8

Профильно-проецирующая прямая EF, перпендикулярная плоскости Π_3, проецирует свои точки, в том числе *E* и *F*, на плоскость Π_3 в одну точку, т. е. $E_3 \equiv F_3$ — первый эпюрный признак прямой *EF* (рис. 2.8, *в*). E_1F_1 и E_2F_2 параллельны горизонтальным линиям связи и оси *Ox* — второй эпюрный признак прямой *EF*.

В практике построения чертежей для усиления их наглядности прибегают к определению условной видимости. Видимость элементов фигуры на чертеже решается посредством конкурирующих точек. При этом направления лучей зрения совпадают с направлениями проецирования (см. рис. 2.8, *а*). Например, для горизонтально-конкурирующих точек *A* и *B* направление луча зрения (его фронтальная проекция показана стрелкой) совпадает с прямой *AB*.

Видимость точек *A* и *B* в горизонтальной проекции определяют так: видна та точка, высота которой больше. Фронтальная проекция показывает, что точка *A* расположена выше, чем точка *B*, т. е. $z_A > z_B$. Следовательно, в горизонтальной проекции точка *A* видна, а точка *B* закрыта ею. Аналогично видно, что из двух фронтально-конкурирующих точек *C* и *D* (см. рис. 2.8, *б*) на поле Π_2 видна точка *C*, так как $y_C > y_D$. То же можно сказать о видимости профильно-конкурирующих точек *E* и *F* на поле Π_3 (см. рис. 2.8, *в*). Видимой на поле Π_3 будет точка *E*, поскольку $x_E > x_F$.

2.4.4. Взаимное расположение двух прямых в пространстве

Две прямые в пространстве могут пересекаться, т. е. лежать в одной плоскости и иметь общую точку; быть параллельными, т. е. лежать в одной плоскости и не иметь общей точки; скрещиваться, т. е. не лежать в одной плоскости.

Если две прямые *AB* и *CD* пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются, а точки K_1 и K_2 пересечения этих проекций* лежат на одной линии связи (рис. 2.9, *а*), т. е. $K_1K_2 \perp Ox$ (эпюрный признак двух пересекающихся прямых).

Если две прямые *a* и *b* параллельны, то их одноименные проекции параллельны (рис. 2.9, *б*), т. е. $a_1 \parallel b_1$ и $a_2 \parallel b_2$ (эпюрный признак параллельности двух прямых в пространстве).

---

* В дальнейшем изложении на большинстве ортогональных чертежей элементы пространства будут изображаться двумя проекциями, чаще всего — горизонтальной и фронтальной.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

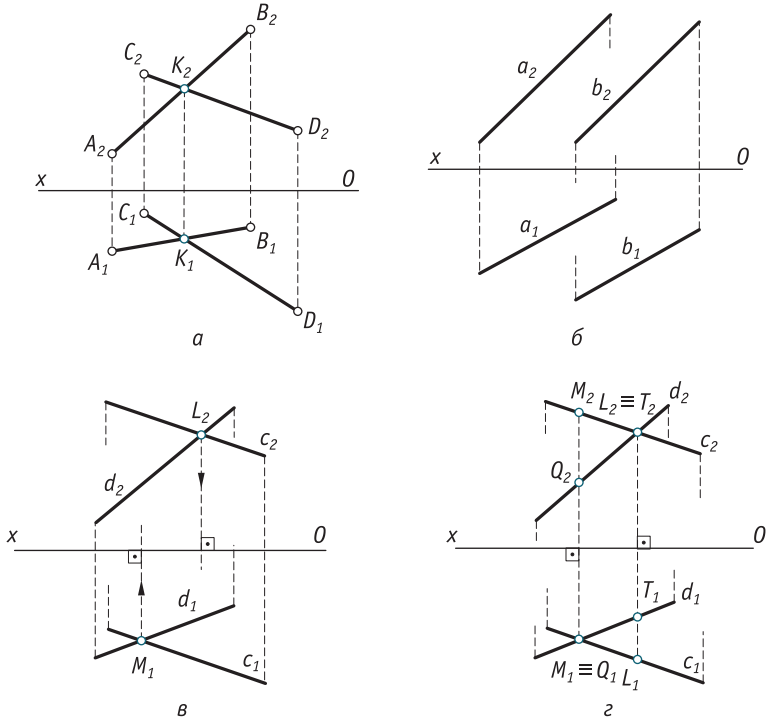


Рис. 2.9

Если прямые c и d скрещиваются, то их одноименные проекции пересекаются в точках M_1 и L_2, не лежащих на одной линии связи (рис. 2.9, *в*), т. е. $M_1\ L_2$ не перпендикулярна оси Ox (эпюрный признак скрещивающихся прямых).

Выясним видимость прямых c и d в горизонтальной проекции. Отметим точку пересечения проекций c_1 и d_1. Эта точка является горизонтальной проекцией двух горизонтально-конкурирующих точек M_1 и Q_1, одна из которых (точка M_1) лежит на прямой c, а другая (точка Q) — на прямой d. Горизонтальные проекции этих точек совпадают, т. е. $M_1 \equiv Q_1$, а проекции M_2 и Q_2 различны. Из двух горизонтально-конкурирующих точек M и Q видна та, высота которой над горизонтальной плоскостью больше, т. е. точка M, так как $z_M > z_Q$. Следовательно, прямая c в этом месте проходит над прямой d. Для выяснения видимости прямых во фронтальной проекции выделим на них пару фронтально-конкурирующих точек: L и T. Фронтальные проекции этих точек совпадают:

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

$L_2 \equiv T_2$, а проекции L_1 и T_1 различны, причем глубина точки L больше, т. е. $y_L > y_T$, поэтому прямая c, которой принадлежит эта точка, проходит перед прямой d.

2.4.5. Проецирование плоских углов

Любой плоский угол (острый, тупой или прямой) проецируется на плоскость проекций без искажения, если плоскость угла параллельна плоскости проекций. Признак проецирования прямого угла без искажения на плоскость проекций формулируется в теореме о проецировании прямого угла: чтобы прямой угол проецировался на плоскость проекций в натуральную величину, необходимо и достаточно, чтобы одна из его сторон была параллельна, а другая не перпендикулярна этой плоскости.

На основании этой теоремы горизонтальная проекция $A_1B_1C_1$ прямого угла ABC, у которого сторона $AB \parallel \Pi_1$, спроецируется на плоскость Π_1 без искажения, т. е. $\angle A_1B_1C_1 = 90°$ (рис. 2.10, *а*). Если же сторона BC прямого угла параллельна плоскости Π_2, то угол ABC спроецируется без искажения на плоскость Π_2, т. е. $\angle A_2B_2C_2 = 90°$ (рис. 2.10, *б*).

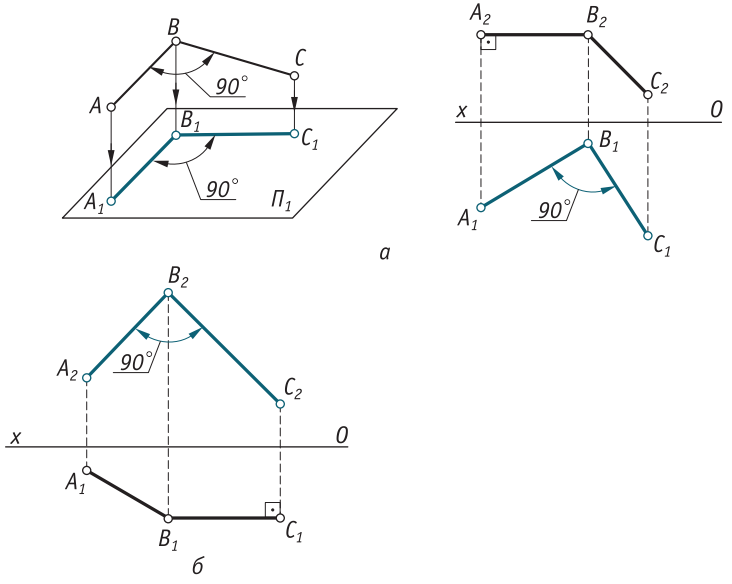


Рис. 2.10

2.5. ПРОЕКЦИИ ПЛОСКОСТИ

Положение плоскости в пространстве однозначно определяется:

- тремя точками A, B и C, не лежащими на одной прямой, и записывается так: $\alpha(A, B, C)$;
- прямой DE и точкой F, не лежащей на этой прямой, и записывается так: $\beta(DE, F)$;
- параллельными прямыми GH и KL и записывается так: $\gamma(GH \parallel KL)$;
- пересекающимися прямыми MN и PQ и записывается так: $\gamma(MN \cap PQ)$.

Плоскость в пространстве также может задаваться плоским многоугольником, окружностью, плоской кривой или ее дугой.

На эпюре Монжа плоскость α задана, но не ограничена в простирании проекциями элементов, определяющих ее в пространстве, т. е. проекциями: трех точек A, B, C, не лежащих на одной прямой (рис. 2.11, *а*); прямой AB и точки C, не лежащей на этой прямой (рис. 2.11, *б*); двух пересекающихся прямых AB и BC (рис. 2.11, *в*); двух параллельных прямых AB и l (рис. 2.11, *г*); треугольника ABC (рис. 2.11, *g*).

По расположению относительно плоскостей проекций различают плоскости общего и частного положений.

Плоскость общего положения — плоскость, не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций. Эпюрные признаки этой плоскости: если на ортогональном чертеже ни одна из трех проекций плоскости не вырождается в прямую линию, то на нем задана плоскость общего положения (см. рис. 2.11, *g*); если на чертеже плоскость общего положения задана двумя проекциями, то она не должна содержать прямую, перпендикулярную третей плоскости проекций, т. е. плоскости отсутствующей проекции.

2.5.1. Прямая, принадлежащая плоскости

Прямая l расположена в плоскости α и проходит через две точки A и B, принадлежащие этой плоскости (рис. 2.12, *а*). Эпюрный признак принадлежности прямой и плоскости: если прямая l принадлежит плоскости α, то ее проекции l_1 и l_2 проходят через одноименные проекции точек A и B, т. е. если l принадлежит α, то l_1 проходит через A_1 и B_1, а l_2 — через A_2 и B_2.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

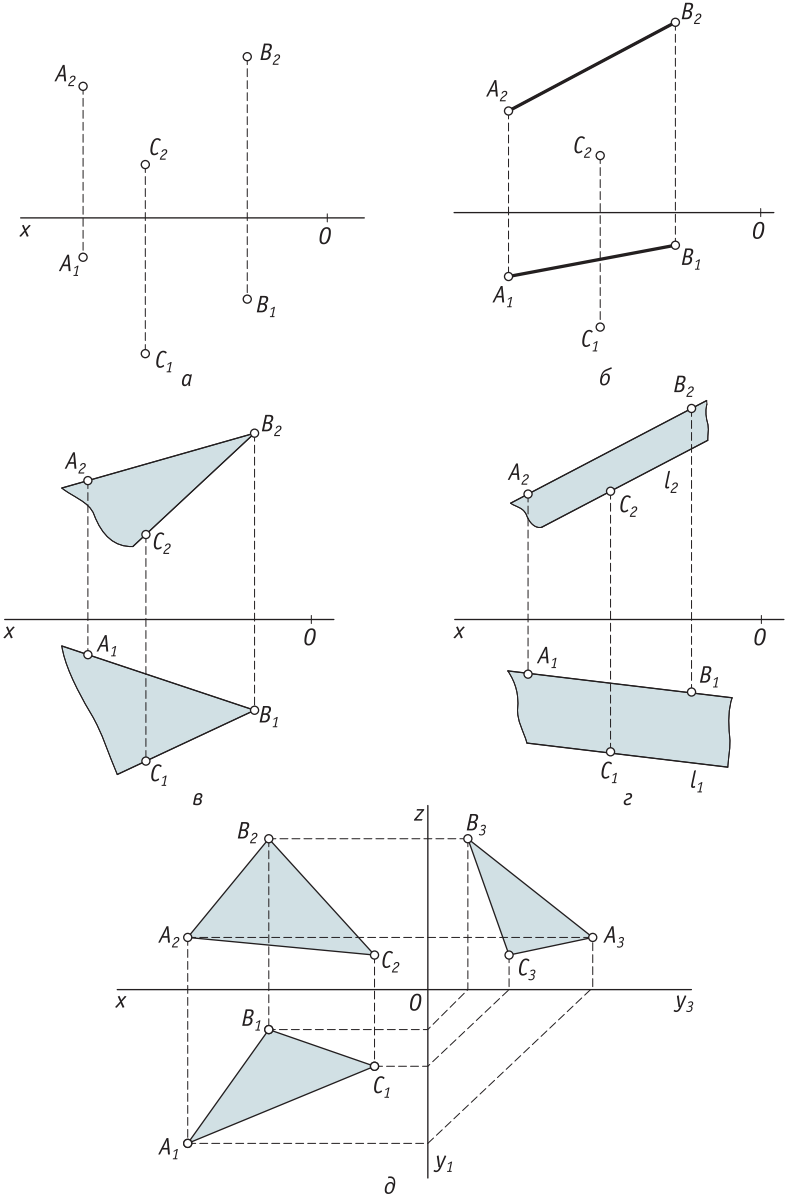


Рис. 2.11

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

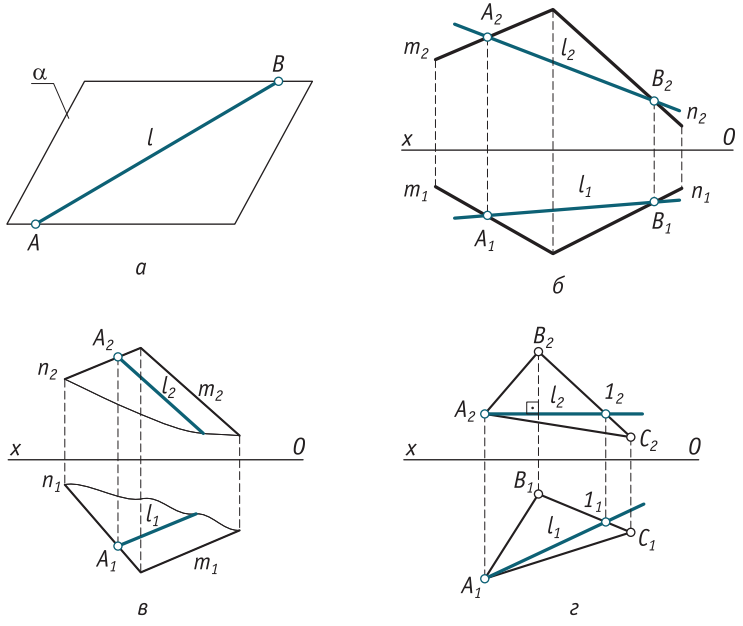


Рис. 2.12

Пример 2.3. Дана плоскость α ($m \cap n$) и прямая l своей горизонтальной проекцией l_1. Построить фронтальную проекцию l_2, если прямая l принадлежит плоскости α (рис. 2.12, *б*).

Прямая l, принадлежащая плоскости α, имеет с ней две общие точки A и B — точки пересечения прямой l соответственно с прямыми m и n.

Построим их горизонтальные проекции A_1 и B_1 как результат пересечения проекции l_1 с одноименными проекциями m_1 и n_1 заданных прямых m и n. Проекции A_2, B_2 точек A и B определены пересечением m_2, n_2 и вертикальных линий связи, проведенных через точки A_1 и B_1.

Искомую проекцию l_2 прямой l получим, соединив построенные точки A_2 и B_2.

Прямая l принадлежит плоскости α, если она имеет с ней общую точку A и параллельна любой прямой m этой плоскости. На эпюре плоскости α($m \cap n$) построены проекции l_1 и l_2 прямой l, проходящей через точку A этой плоскости параллельно прямой m (рис. 2.12, *в*). На рис. 2.12, *г* изображена плоскость общего положения.

2.5.2. Точка, принадлежащая плоскости

Точка M принадлежит плоскости α, если эта точка принадлежит любой прямой l данной плоскости (рис. 2.13, *а*). Эпюрный признак принадлежности точки и плоскости: точка M принадлежит плоскости, если проекции этой точки M_1 и M_2 принадлежат одноименным проекциям l_1 и l_2 прямой l данной плоскости, т. е. $M_1 \in l_1$, а $M_2 \in l_2$.

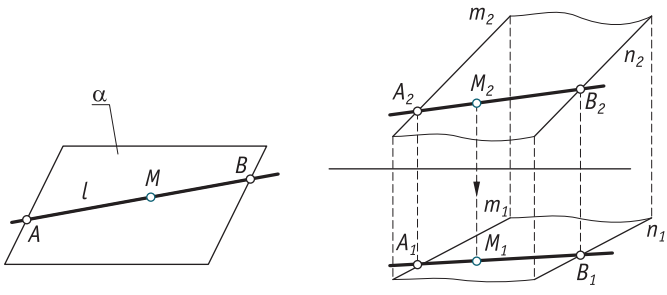


Рис. 2.13

Пример 2.4. На эпюре заданы плоскость α ($m \parallel n$) и фронтальная проекция точки M, принадлежащей плоскости α (рис. 2.13, *б*). Требуется построить горизонтальную проекцию точки M.

В поле Π_2 через проекцию M_2 точки M проведем одноименную проекцию l_2 произвольной прямой l, лежащей в плоскости α, и отметим точки A_2 и B_2 ее пересечения с проекциями m_2, n_2 прямых m и n плоскости α. Строим проекции A_1, B_1 и прямую l_1, проходящую через точки A_1 и B_1. Проекция M_1 определена на пересечении l_1 и линии связи, проведенной через точку M_2.

2.5.3. Плоскости частного положения

Плоскость частного положения — плоскость, перпендикулярная или параллельная одной из плоскостей проекций. Плоскости, перпендикулярные одной из плоскостей проекций, — *проецирующие*. Плоскость, перпендикулярная плоскости Π_1, — *горизонтально-проецирующая*; перпендикулярная плоскости Π_2 — *фронталь-*

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

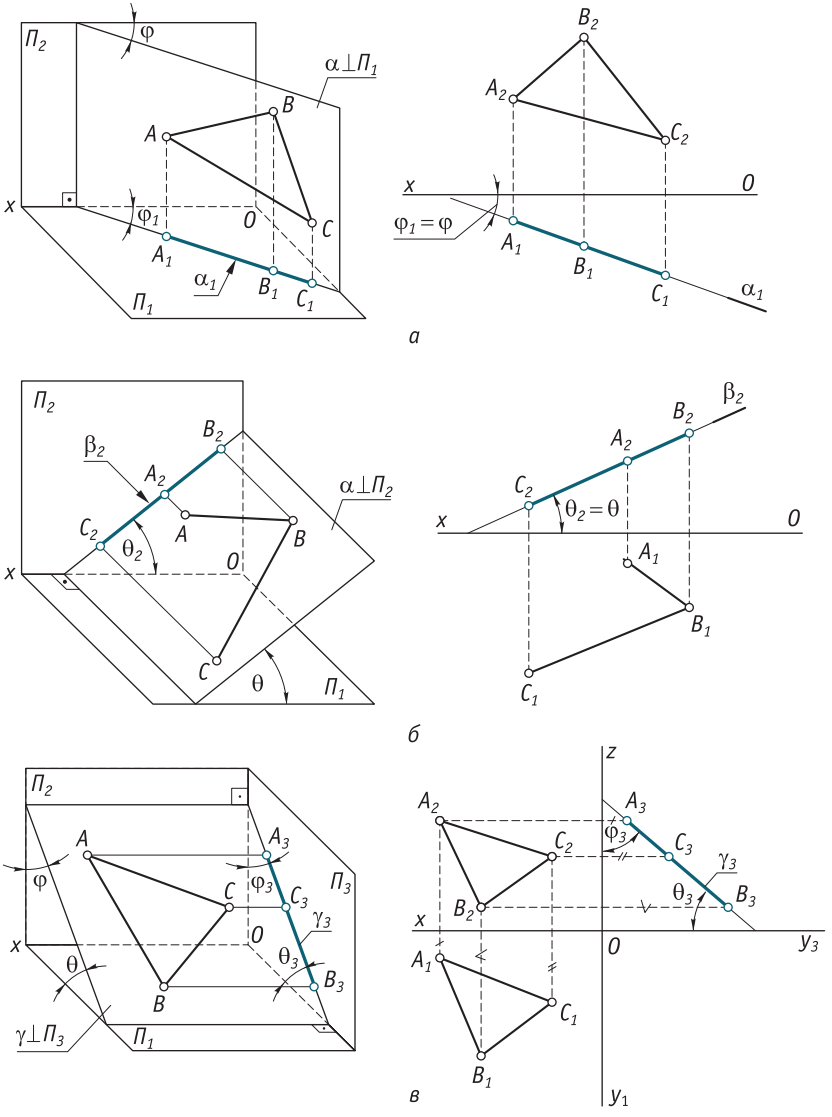


Рис. 2.14

но-проецирующая; перпендикулярная плоскости $П_3$ — *профильно-проецирующая*. Эпюрный признак проецирующих плоскостей: одна из проекций плоскостей вырождается в прямую, на которой располагаются проекции всех фигур, лежащих в этой плоскости.

Горизонтальная проекция треугольника ABC, расположенного в плоскости α (рис. 2.14, *а*), совпадает с вырожденной проекцией α_1, т. е. $\alpha_1 \equiv A_1B_1C_1$. Двугранный угол φ, образованный плоскостью α и плоскостью проекций Π_2, проецируется на Π_1 без искажения в угол φ_1 между вырожденной проекцией α_1 и осью Ox.

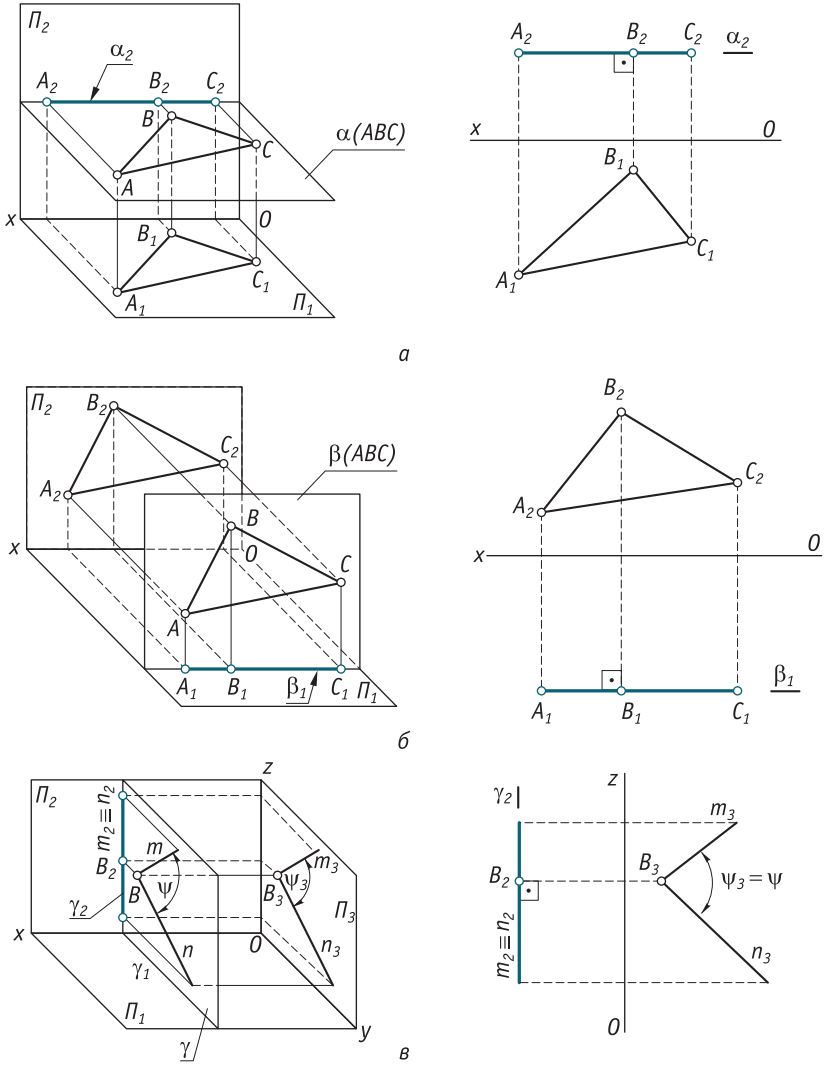


Рис. 2.15

Фронтально-проецирующая плоскость β (рис. 2.14, *б*) задана пересекающимися прямыми *AB* и *BC*. Фронтальные проекции A_2B_2, B_2C_2 совпадают с вырожденной фронтальной проекцией β_2, т. е. $\beta_2 \equiv A_2B_2 \equiv B_2C_2$. Двугранный угол θ между плоскостями β и Π_1 проецируется на Π_2 без искажения в угол θ_2, образованный вырожденной проекцией β_2 и осью проекций *Ox*.

Профильно-проецирующая плоскость γ задана треугольником *ABC* (рис. 2.14, *в*). Профильная проекция $A_3B_3C_3$ треугольника *ABC* вырождается в отрезок прямой, совпадающий с профильной проекцией γ_3 плоскости γ. Двугранные углы φ и θ проецируются на Π_3 без искажения в углы φ_3 и θ_3, образованные вырожденной проекцией γ_3 и осями проекций *Oz* и Oy_3.

Плоскость, параллельная любой плоскости проекций, — *плоскость уровня*. *Горизонтальная плоскость уровня* α параллельна горизонтальной плоскости проекций Π_1. Вырожденная проекция α_2 плоскости α — прямая, параллельная оси *Ox* (рис. 2.15, *а*). Фигура, расположенная в плоскости α, проецируется на горизонтальную плоскость проекций Π_1 без искажения. *Фронтальная плоскость уровня* β параллельна фронтальной плоскости проекций Π_2. Вырожденная проекция β_1 — прямая, параллельная оси *Ox* (рис. 2.15, *б*). Треугольник *ABC*, расположенный в плоскости β, проецируется на Π_2 без искажения. *Профильная плоскость уровня* γ параллельна профильной плоскости проекций Π_3. Вырожденная фронтальная проекция β_2 плоскости β — прямая, параллельная оси *Oz* (рис. 2.15, *в*). Угол ψ между пересекающимися прямыми *m* и *n* в плоскости γ проецируется на Π_3 без искажения.

2.5.4. Главные линии плоскости

Выделим прямые частного положения, принадлежащие плоскости:

- *линии уровня* — прямые плоскости, параллельные одной из плоскостей проекций;
- *линии наибольшего наклона* к плоскостям проекций — прямые плоскости, перпендикулярные линиям уровня плоскости.

Линии уровня:

- горизонталь *h* плоскости α — прямая, лежащая в плоскости α и параллельная горизонтальной плоскости проекций Π_1 (рис. 2.16, *а*);

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

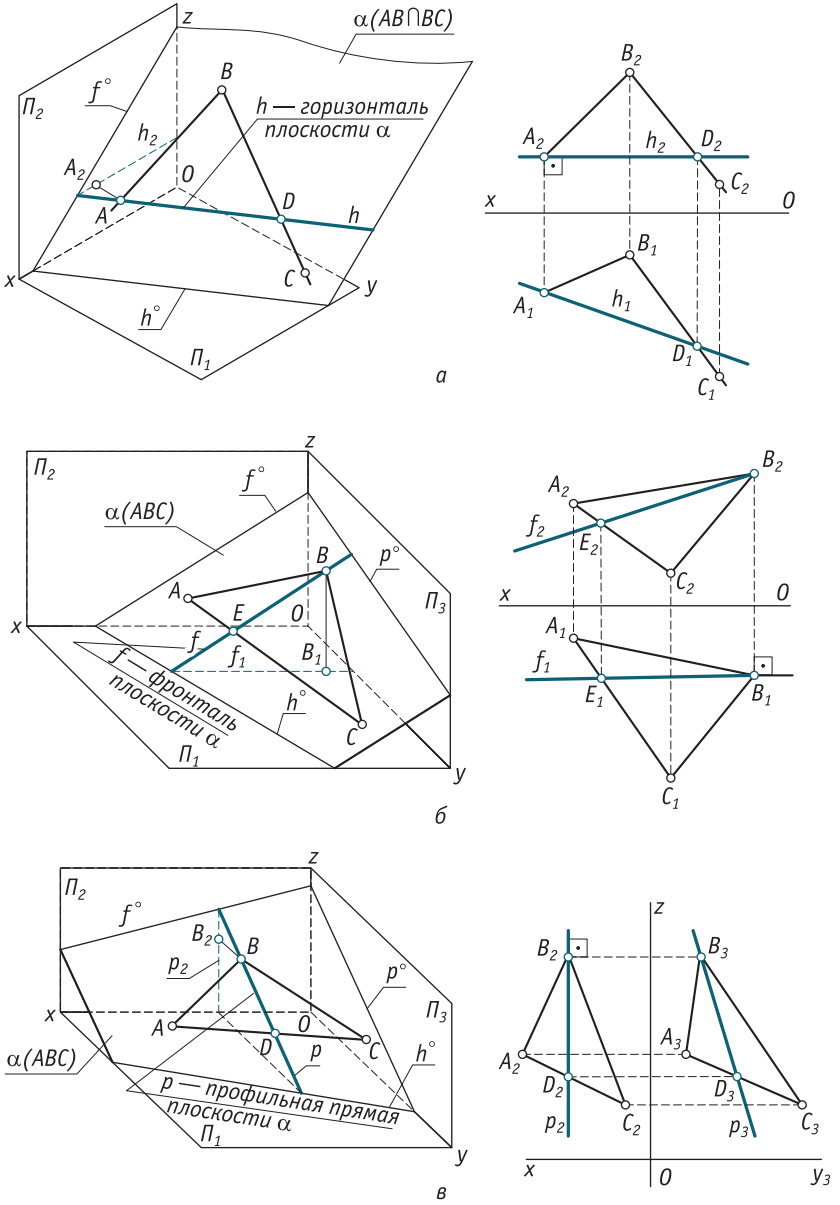


Рис. 2.16

- фронталь *f* плоскости α — прямая плоскости α, параллельная фронтальной плоскости проекций $П_2$ (рис. 2.16, *б*);

- профильная прямая p плоскости α — прямая, лежащая в плоскости α и параллельная профильной плоскости проекций Π_1 (рис. 2.16, *в*).

Линии уровня и линии наибольшего наклона — *главные линии плоскости*.

Построение проекций линий уровня плоскости начинают с проекций, положение которых определено их эпюрными признаками. Построение проекций горизонтали h плоскости α, проходящей через ее точку A и пересекающей BC в точке D, начнем с проведения ее фронтальной проекции h_2, параллельной оси Ox. Плоскость α пересекает Π_1 по прямой h^0, называемой *нулевой горизонталью плоскости* α. Горизонтали h^0 и h параллельны между собой. Построение проекций фронтали f плоскости $\alpha(ABC)$, проходящей через вершину B треугольника ABC и пересекающей сторону AC в точке E, начинают с горизонтальной проекции f_1, параллельной оси Ox. Построенная фронталь f параллельна нулевой фронтали f^0 плоскости α, как линии ее пересечения с плоскостью Π_2.

2.6. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ, ПЛОСКОСТИ И ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ

В пространстве прямая относительно плоскости может принадлежать плоскости, быть параллельной плоскости, пересекать плоскость, быть перпендикулярной плоскости. Две плоскости в пространстве могут быть параллельными друг другу или пересекаться между собой (как частный случай — быть перпендикулярными друг другу).

2.6.1. Две вспомогательные задачи

Вспомогательные задачи на определение общих элементов прямой и плоскости общего положения с проецирующей плоскостью позволяют решать основные задачи на пересечение прямой, плоскости и двух плоскостей.

Вспомогательная задача 2.1. Построить проекции точки пересечения прямой общего положения с проецирующей плоскостью. Заданы горизонтально-проецирующая плоскость α и прямая общего положения l (рис. 2.17, *а*). Точка K пересечения прямой l с

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

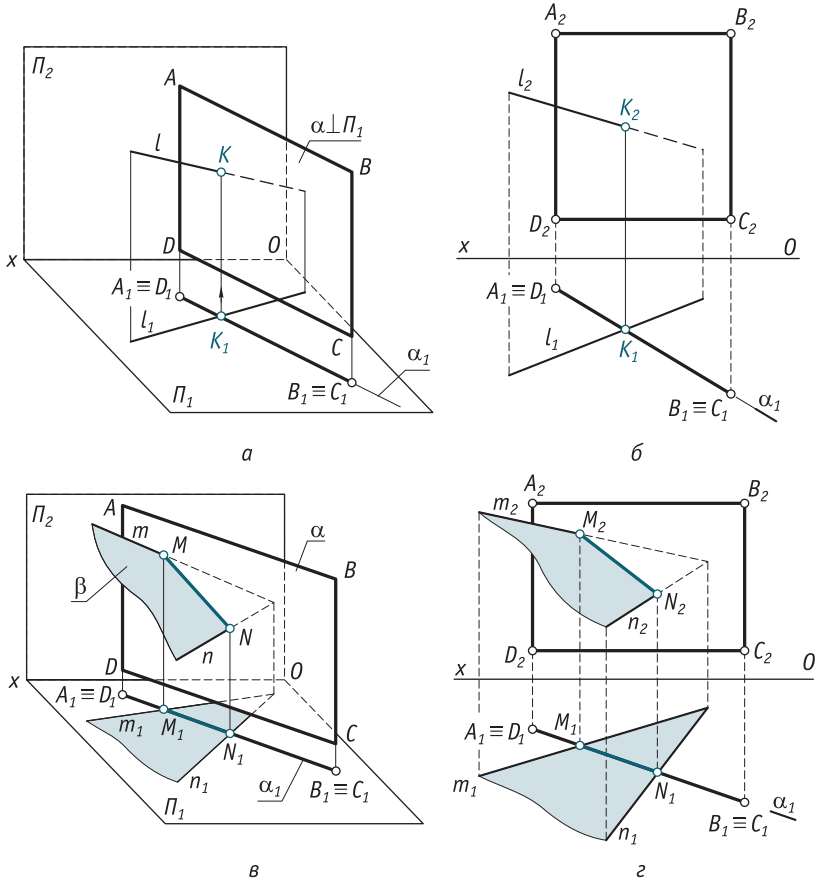


Рис. 2.17

плоскостью α является общей для прямой и плоскости. Поскольку точка K лежит на прямой l, то ее проекция K_1 будет лежать на проекции l_1. Но точка K лежит в плоскости α, поэтому ее проекция K_1 принадлежит вырожденной проекции α_1 плоскости α. Так как проекция K_1 принадлежит l_1 и α_1, то $K_1 = l_1 \cap \alpha_1$ (рис. 2.17, *б*). Проекция K_2 точки K находится на пересечении вертикальной линии связи, проведенной через точку K_1, с проекцией l_2 прямой l.

Вспомогательная задача 2.2. Построить проекции линии пересечения плоскости общего положения с проецирующей плоскостью. Плоскость общего положения β задана пересекающимися прямыми m и n, а горизонтально-проецирующая плоскость α —

прямоугольной пластиной *ABCD* (рис. 2.17, *в*). Прямую *MN* пересечения плоскостей β и α определяют точками *M* и *N* пересечения прямых *m* и *n* плоскости β с плоскостью α. При построении точек *M* и *N* дважды решают вспомогательную задачу 2.1 (рис. 2.17, *г*).

2.6.2. Прямая, пересекающая плоскость

Точку пересечения прямой *AB* с плоскостью α (рис. 2.18, *а*) определяют следующим образом: через данную прямую *AB* проводят вспомогательную плоскость-посредник β (чаще всего проецирующую); строят прямую *MN* пересечения данной плоскости α и плоскости-посредника β*; находят искомую точку *K* на пере-

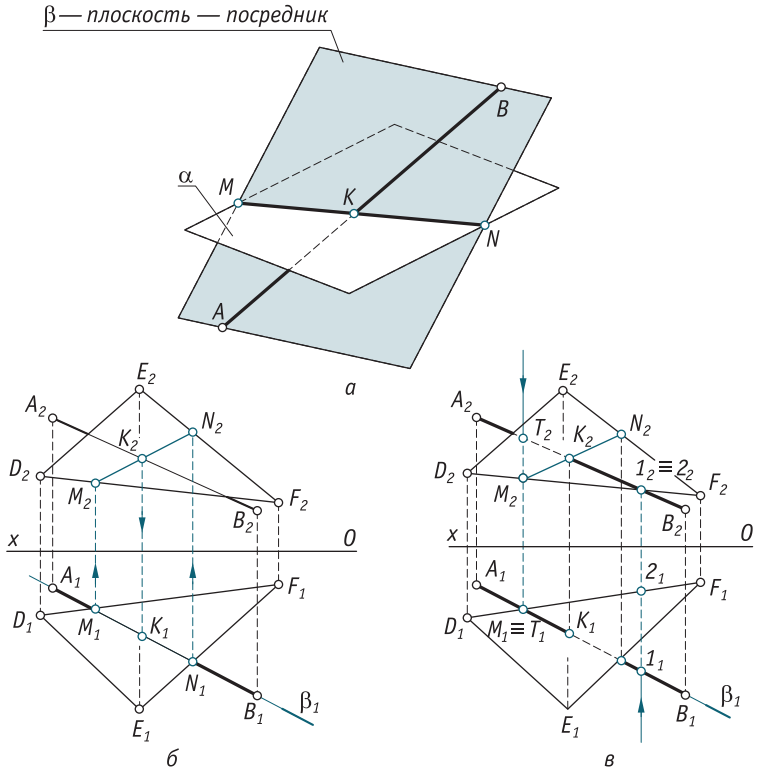


Рис. 2.18

* Плоскость β можно выбрать фронтально-проецирующей, тогда ее вырожденная фронтальная проекция β_2 совпадет с фронтальной проекцией A_2B_2 прямой *AB*.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

сечении данной прямой *AB* с построенной прямой *MN*. Эту последовательность операций называют алгоритмом решения задачи. Реализация этого алгоритма на эпюре с определением видимых участков прямой на ее проекциях приведена на рис. 2.18, *б*, *в*.

2.6.3. Пересекающиеся плоскости

Для построения линии пересечения двух плоскостей достаточно определить две ее точки или точку и ее направление. Пусть требуется построить линию *MN* пересечения двух плоскостей $\alpha(d \cap g)$ и $\beta(ABC)$, заданных в пространстве (рис. 2.19, *а*).

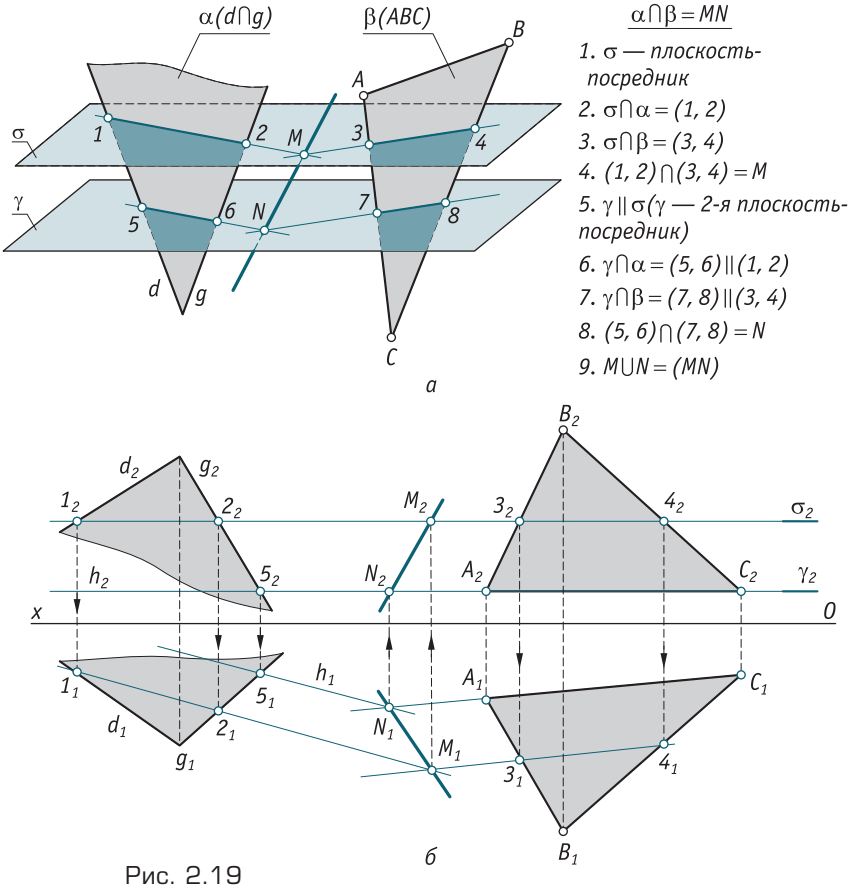


Рис. 2.19

Три плоскости пересекаются в одной точке. Чтобы определить две общие точки *MN* пересечения заданных плоскостей α и β, введем две вспомогательные плоскости σ и γ, называемые плоскостями-посредниками (плоскости частного положения — проецирующие или плоскости уровня). Первая плоскость-посредник — плоскость уровня σ — пересекает исходные плоскости α и β соответственно по линиям уровня (*1*—*2*) и (*3*—*4*), лежащим в плоскости-посреднике σ и пересекающимся в точке *M*. Точка *M* — общая для плоскостей α и β, поэтому принадлежит линии их пересечения.

Для определения второй точки *N* линии пересечения плоскостей α и β введем вторую плоскость-посредник γ, параллельную плоскости уровня σ. Плоскость σ пересечет плоскости α и β по линиям уровня (5—6) и (7—8), пересекающимся в точке *N*, общей для плоскостей α и β. Точки *M* и *N* определят линию пересечения *MN*. Линии (5— 6) и (7— 8) параллельны соответственно линиям (1—2) и (3—4), лежащим в плоскости-посреднике σ, так как плоскости-посредники σ и γ параллельны между собой. Реализация этого алгоритма на эпюре приведена на рис. 2.19, *б*.

2.7. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ

2.7.1. Общие сведения и цель преобразования

Решение метрической или позиционной задач на ортогональном чертеже упрощается, если геометрические элементы занимают относительно плоскостей проекций частные положения. К *позиционным* относятся задачи на определение общих элементов геометрических фигур. Можно выделить задачи на взаимную принадлежность (например, построение точки на прямой) и на пересечение геометрических фигур (например, построение линии пересечения двух плоскостей). К *метрическим* относятся задачи на определение расстояний и натуральных величин геометрических фигур.

Цель преобразования — изменить чертеж таким образом, чтобы геометрические элементы (прямые и плоскости) оказались в частном положении относительно плоскостей проекций. Изменение проекций любой фигуры можно осуществить: заменой данной системы плоскостей проекций новой системой, так чтобы

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

неподвижные геометрические элементы в пространстве оказались в частном положении относительно новой системы (способ замены плоскостей проекций); перемещением геометрических элементов в пространстве, так чтобы они оказались в частном положении относительно неподвижной системы плоскостей проекций (способ вращения).

2.7.2. Способ замены плоскостей проекций

Замена одной плоскости проекций. Точка A задана проекциями A_1 и A_2 (рис. 2.20, *а*). Введем взамен фронтальной плоскости проекций Π_2 старой системы Π_2/Π_1 новую вертикальную плоскость проекций $\Pi_4 \perp \Pi_1$. Плоскость Π_4 с плоскостью Π_1 образуют новую ортогональную систему плоскостей проекций Π_4/Π_1. Плоскости Π_4 и Π_1 пересекутся по новой оси проекций $x_{1,4}$. Построим ортогональную проекцию A_4 точки A на плоскость Π_4. Так как горизонтальная плоскость проекций Π_1 общая для старой и новой систем плоскостей проекций, то расстояние от точки A до плоскости Π_1, измеряемое координатой z, неизменно.

Расстояние от новой проекции A_4 до новой оси $x_{1,4}$ равно расстоянию от заменяемой проекции A_2 до старой оси $x_{1,2}$, т. е. $|A_4A_{1,4}| = |A_2A_{1,2}| = z_A$. Не изменит своего положения и горизонтальная проекция A_1, связаная с неподвижной плоскостью Π_1. Для образования эпюра в новой системе Π_4/Π_1 плоскость Π_4 вместе с проекцией A_4 точки A вращают вокруг оси $x_{1,4}$ в направлении, показанном стрелками, до совмещения с плоскостью Π_1. Проекции A_4 и A_1 точки A будут расположены на общем перпендикуляре к оси $x_{1,4}$, т. е. $A_1A_4 \perp x_{1,4}$.

На эпюре точка A задана своими проекциями A_1 и A_2 (рис. 2.20, *б*). Проведем новую ось проекций $x_{1,4}$, определяющую в пространстве положение новой плоскости проекций — горизонтально-проецирующей плоскости Π_4. Проведем на произвольном расстоянии ось $x_{1,4}$ от точки A_1 (это расстояние может быть и нулевым). Через точку A_1 проведем перпендикуляр к оси $x_{1,4}$ и отметим на ней точку $A_{1,4}$. На перпендикуляре отложим от оси $x_{1,4}$ отрезок $|A_{1,4}A_4| = |A_{1,2}A_2| = z_A$ и получим точку A_4. Точка A_4 — новая проекция точки A на плоскость Π_4. Также можно заменить и горизонтальную плоскость проекций Π_1 старой системы Π_2/Π_1 новой плоскостью Π_5, перпендикулярной к незаменяемой плоскости Π_2.

Последовательная замена двух плоскостей проекции. Решение некоторых задач требует двойной замены плоскостей проек-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

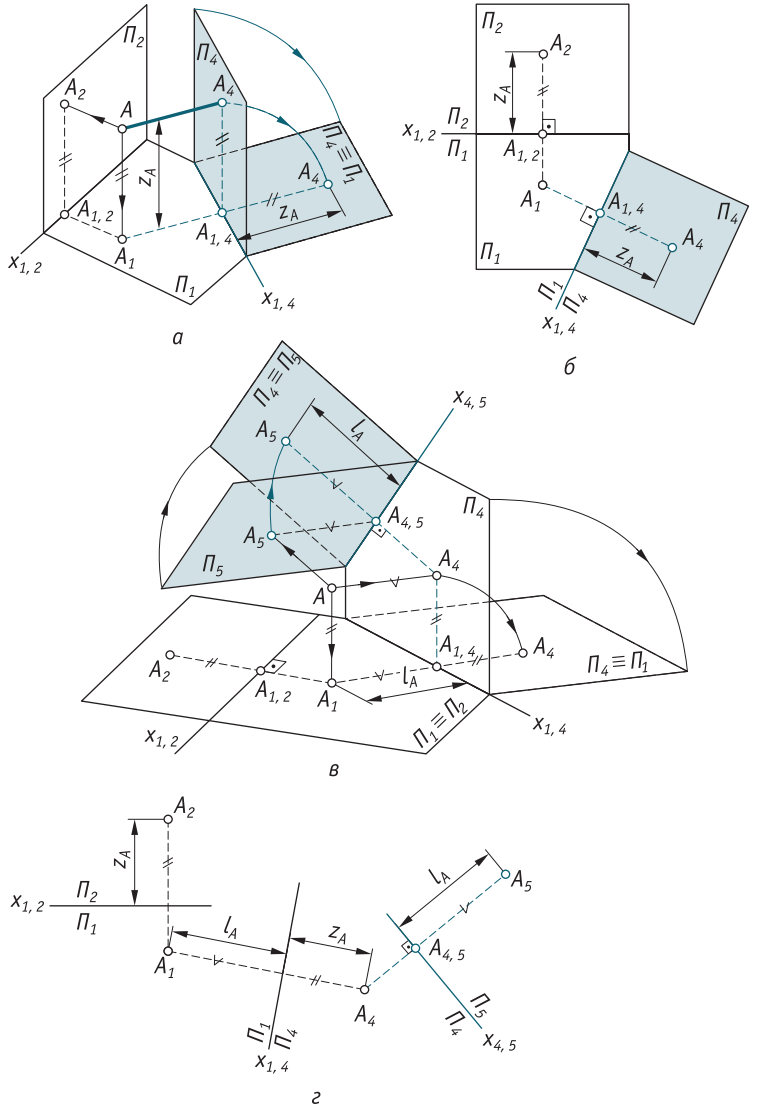


Рис. 2.20

ций. На совмещенных плоскостях проекций $П_2$ и $П_1$ исходной системы $П_2/П_1$ построены проекции A_1 и A_2 точки A (рис. 2.20, *в*) и показана новая плоскость $П_4$, выбранная взамен фронтальной плоскости проекций $П_2$. На ней построена проекция A_4 точки A.

Выберем вместо горизонтальной плоскости проекций Π_1 старой системы Π_4/Π_1 новую плоскость Π_5 и расположим ее перпендикулярно к плоскости Π_4, образовав новую систему плоскостей проекций Π_4/Π_5. Построим проекцию A_5 точки A на плоскость Π_5. Поскольку плоскость Π_4 является общей для систем Π_4/Π_1 и Π_4/Π_5, то расстояние от точки A до плоскости Π_4, измеряемое отрезком AA_4, неизменно.

Расстояние от новой проекции A_5 до новой оси $x_{4,5}$ равно расстоянию от заменяемой проекции A_1 до старой оси $x_{1,4}$, т. е. $|A_5A_{4,5}| = |A_1A_{1,4}|$. Для образования эпюра плоскость Π_5 вращаем вокруг оси $x_{4,5}$ в направлении, указанном стрелкой, до совмещения с плоскостью чертежа. На эпюре (рис. 2.20, *г*) проекции A_5 и A_4 связаны линией связи, перпендикулярной оси $x_{4,5}$. Расстояние от точки A_5 до оси $x_{4,5}$ равно расстоянию от точки A_1 до оси $x_{1,4}$, обозначенному l_A. Переход от одной системы плоскостей проекций к другой осуществляем по правилу: расстояние от новой проекции точки до новой оси равно расстоянию от заменяемой проекции точки до предыдущей оси. При первой замене системы Π_2/Π_1 на Π_4/Π_1 для оси $x_{1,4}$ предыдущей была ось $x_{1,2}$, а при переходе от системы Π_4/Π_1 к Π_4/Π_5 новой осью стала $x_{4,5}$, а ось $x_{1,4}$ по отношению к ней стала предыдущей.

2.7.3. Решение четырех основных задач способом замены плоскостей проекций

Прямая и плоскость могут занимать в пространстве по два частных положения относительно плоскостей проекций. Решение любых метрических или позиционных задач можно свести к решению одной из четырех основных задач, решаемых способом замены плоскостей проекций.

Задача 2.1. Преобразовать чертеж так, чтобы прямая общего положения в новой системе плоскостей проекций стала параллельной новой плоскости проекций. Прямая AB, заданная в системе плоскостей проекций Π_2/Π_1, — общего положения (рис. 2.21, *а*). Расположим новую плоскость проекций $\Pi_4 \perp \Pi_1$ параллельно прямой AB. Ее проекция A_1B_1 параллельна новой оси $x_{1,4}$. На плоскость Π_4 спроецируются без искажения длина отрезка $[AB]$ и угол φ наклона прямой AB к плоскости Π_1. Эпюрное решение задачи с определением натуральной величины отрезка $[AB]$ и угла наклона φ прямой AB к плоскости Π_1 приведено на рис. 2.21, *б*.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

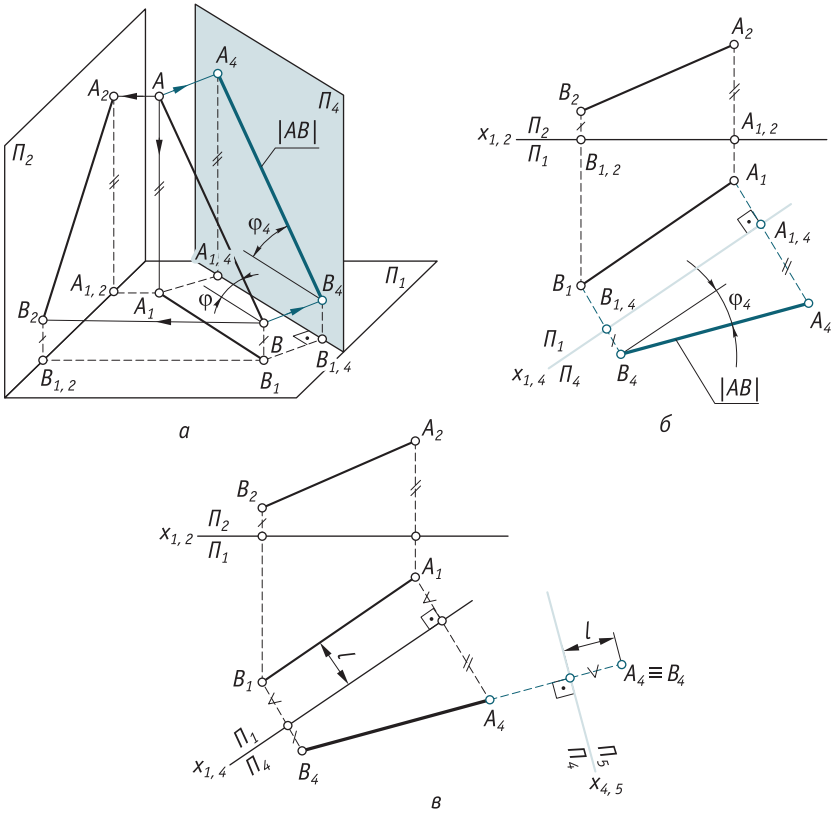


Рис. 2.21

Задача 2.2. Преобразовать чертеж так, чтобы прямая общего положения в новой системе плоскостей проекций стала перпендикулярной одной из плоскостей проекций. Любая новая плоскость проекций, выбранная перпендикулярно прямой *AB* общего положения, в системе $П_2/П_1$ не будет ортогональна $П_2$ и $П_1$ и не может быть принята за плоскость проекций. Поэтому задачу решают путем последовательной замены двух плоскостей проекций (рис. 2.21, *в*). Заменяем систему $П_2/П_1$ системой $П_4/П_1$ и решаем задачу 2.1. Затем при переходе от системы $П_4/П_1$ к системе $П_4/П_5$ новую плоскость проекций $П_5$ располагаем перпендикулярно прямой *AB* и $П_4$, обеспечивая условие ортогональности плоскостей проекций $П_5$ и $П_4$. Новая ось $x_{4,5}$ проведена перпендикулярно A_4B_4. Отложив на линии связи от новой оси $x_{4,5}$ отрезок *l*, равный глу-

бине точек прямой AB относительно плоскости Π_4, получим вырожденную проекцию A_5B_5 прямой AB на плоскость Π_5 в виде точки $A_5 \equiv B_5$.

Задача 2.3. Преобразовать чертеж так, чтобы плоскость общего положения в новой системе плоскостей проекций стала перпендикулярной новой плоскости проекций. Новую плоскость проекций Π_4 расположим перпендикулярно треугольнику ABC (плоскости общего положения α) и одной из плоскостей проекций (рис. 2.22, *а*). Плоскость α должна содержать прямую, перпендикулярную Π_4, например горизонталь h. Расположим новую плоскость проекций Π_4 перпендикулярно горизонтали h, а это значит, что Π_4 перпендикулярна и плоскости Π_1, обеспечивая условия ортогональности плоскостей проекций Π_4 и Π_1.

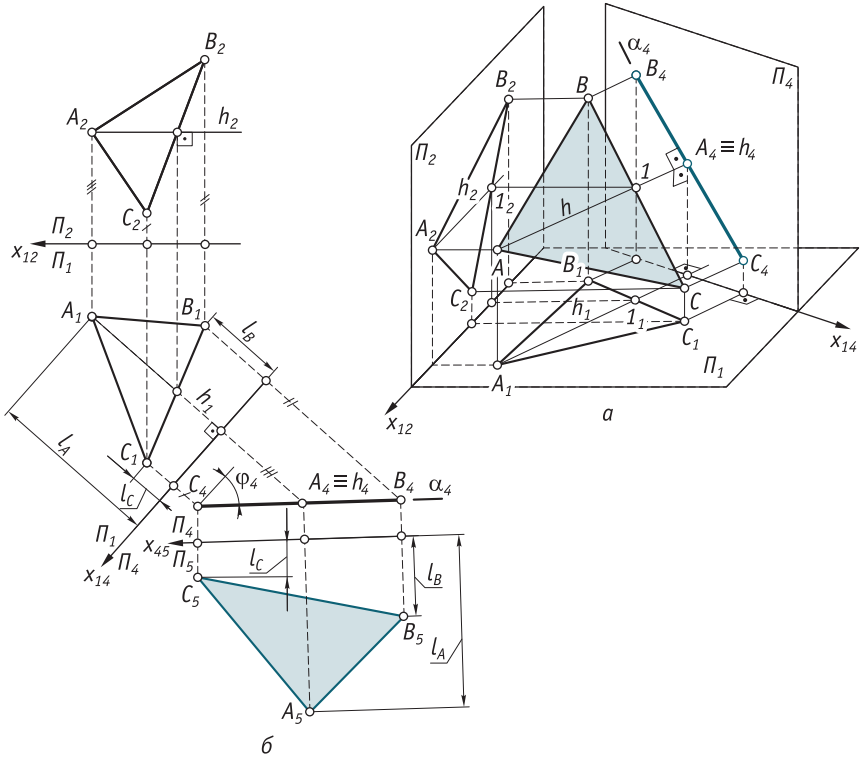


Рис. 2.22

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Горизонталь h и плоскость $\alpha(ABC)$ перпендикулярны новой плоскости проекций Π_4. На плоскости Π_4 новые проекции A_4, B_4, C_4 — вершины треугольника, расположенные на прямой — новой вырожденной проекции α_4. Эпюрное решение задачи с определением угла наклона φ плоскости α к плоскости Π_1 приведено на рис. 2.22, *б*.

Задача 2.4. Преобразовать чертеж так, чтобы плоскость общего положения в новой системе плоскостей проекций стала параллельной одной из плоскостей проекций. Решать эту задачу заменой одной плоскости проекций невозможно, поскольку новая плоскость проекций, параллельная плоскости α общего положения (треугольнику ABC), не образует с плоскостями проекций Π_1 и Π_2 ортогональной системы. Необходимо сделать две последовательные замены плоскостей проекций. Первой заменой переходим от системы Π_2/Π_1 к новой системе Π_4/Π_1 и преобразуем плоскость треугольника α в плоскость, перпендикулярную Π_4, т. е. решаем задачу 2.3.

Для преобразования плоскости $\alpha(ABC)$ в плоскость, параллельную новой плоскости проекций, перейдем от системы Π_4/Π_1 к новой системе Π_4/Π_5 (см. рис. 2. 22). Новую плоскость Π_5 располагаем параллельно плоскости треугольника. В поле Π_4 проводим новую ось $x_{4,5} \parallel \alpha_4$ и через точки A_4, B_4 и C_4 строим линии связи перпендикулярно оси $x_{4,5}$. Откладывая на линиях связи от новой оси $x_{4,5}$ отрезки l_A, l_B и l_C, равные соответственно глубинам точек A, B и C относительно плоскости Π_4, получим новую проекцию $A_5B_5C_5$ треугольника ABC на плоскость Π_5. В системе Π_4/Π_5 плоскость треугольника ABC стала параллельной плоскости Π_5, а его проекция $A_5B_5C_5$ стала равной натуральной величине треугольника ABC.

2.8. ОРТОГОНАЛЬНЫЕ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ МНОГОУГОЛЬНИКА И ОКРУЖНОСТИ

В пространстве относительно плоскостей проекций Π_1, Π_2 и Π_3 многоугольники и окружности могут лежать в плоскости уровня, проецирующей или общего положения. Многоугольник называется плоским, если его вершины лежат в плоскости. Многоугольник как плоскую фигуру на чертеже задают проекциями его вершин

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

(рис. 2.23, *а*). Аксонометрические проекции многоугольников строят по координатам их вершин; отрезки, параллельные между собой, изображают параллельными отрезками; длина аксонометрической проекции стороны многоугольника, расположенной параллельно аксонометрической оси, равна своей натуральной дли-

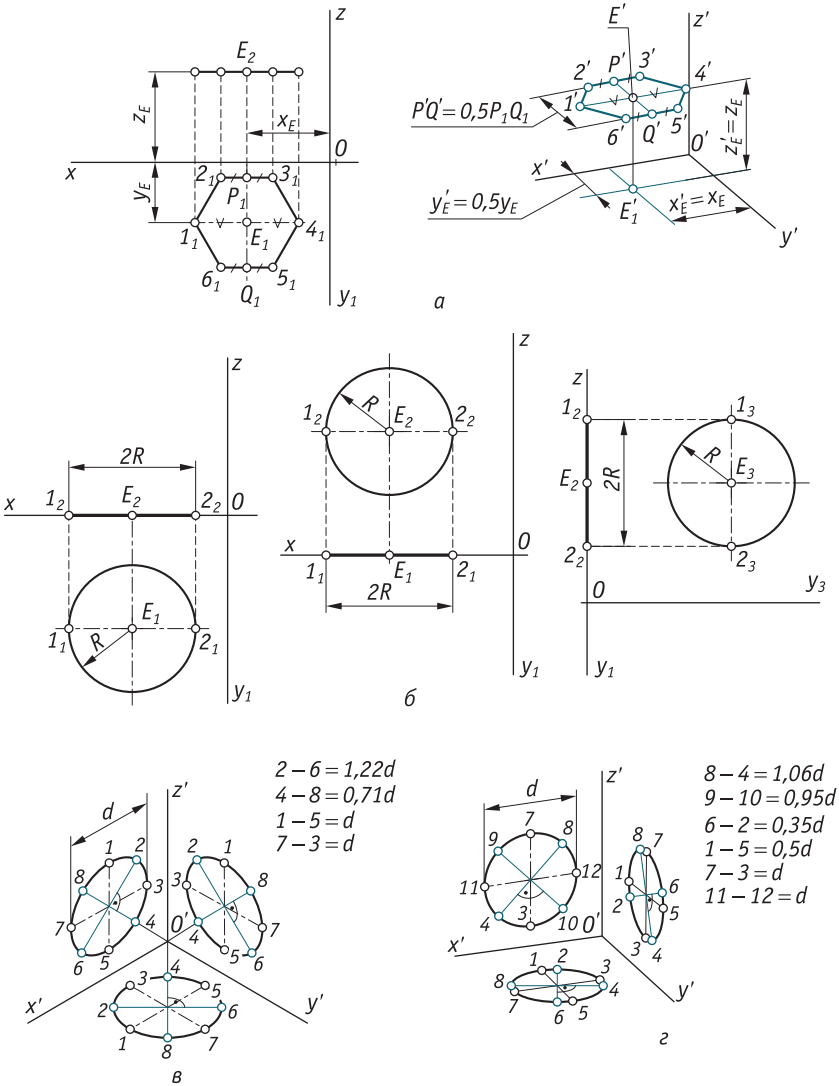


Рис. 2.23

не, умноженной на коэффициент искажения по этой оси (см. подразд. 2.3). Построение прямоугольной диметрии правильного плоского шестиугольника, расположенного параллельно горизонтальной плоскости $П_1$, представлено на рис. 2.23, *а*.

Окружности, лежащие в плоскости, параллельной плоскости проекций, проецируются на эту плоскость в окружность, а на другую плоскость — в отрезок прямой длиной $2R = d$, где R — радиус окружности. На эпюре (рис. 2.23, *б*) показаны проекции окружностей, расположенных соответственно в плоскостях проекций $П_1$, $П_2$ и $П_3$. Аксонометрической проекцией окружности, расположенной в плоскости уровня, является эллипс, оси которого имеют определенные величины и направления (ГОСТ 2.317—69).

Прямоугольная изометрия. Окружности, расположенные в плоскостях проекций* или в плоскостях, им параллельных, в прямоугольной изометрии изображают эллипсами с одинаковым соотношением осей. Большая ось эллипса перпендикулярна проекции оси, не лежащей в координатной плоскости, т. е. в плоскости окружности (так называемой свободной оси). Если окружность расположена в плоскостях проекций $П_1$ или $П_2$, т. е. в координатных плоскостях xOy или xOz (или им параллельных), то большая ось эллипса перпендикулярна свободным осям $O'z'$ или $O'y'$ и т. д. (рис. 2.23, *в*). Малая ось эллипса перпендикулярна большой оси и совпадает с направлением проекции соответствующей свободной оси. Сопряженные диаметры** окружностей, параллельные координатным осям, проецируются на $П'$ без искажения. Величины осей эллипсов зависят от диаметра окружности d.

Прямоугольная диметрия. Окружности, лежащие в плоскостях проекций или плоскостях, им параллельных, в прямоугольной диметрии изображают эллипсами, одинаковыми по форме и размерам для плоскостей xOy' и $y'O'z'$, но отличающиеся от эллипса в плоскости $x'O'z'$. Их большие оси перпендикулярны аксонометрической оси, не лежащей в плоскости эллипса (свободной оси). Сопряженные диаметры окружностей, параллельные координатным осям Ox и Oz, проецируются на $П'$ без искажения, а проекции диаметров, параллельные оси Oy, в два раза

---

* Плоскости проекций $П_1$, $П_2$ и $П_3$ совмещены соответственно с координатными плоскостями xOy, xOz и yOz.

** Два взаимно перпендикулярных диаметра окружности, каждый их которых делит пополам хорды, параллельные другому диаметру, называются сопряженными.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

меньше, так как коэффициент искажения V по оси $O'y'$ равен 0,5. Величины осей эллипсов зависят от диаметра окружности d (рис. 2.23, *г*).

Построение прямоугольной изометрии окружности, расположенной в плоскости проекций Π_1 приведено на рис. 2.24, *а*, а расположенной в плоскости α // Π_2 — на рис. 2.24, *б*. Прямоугольная диметрия окружности, расположенной в плоскостях проек-

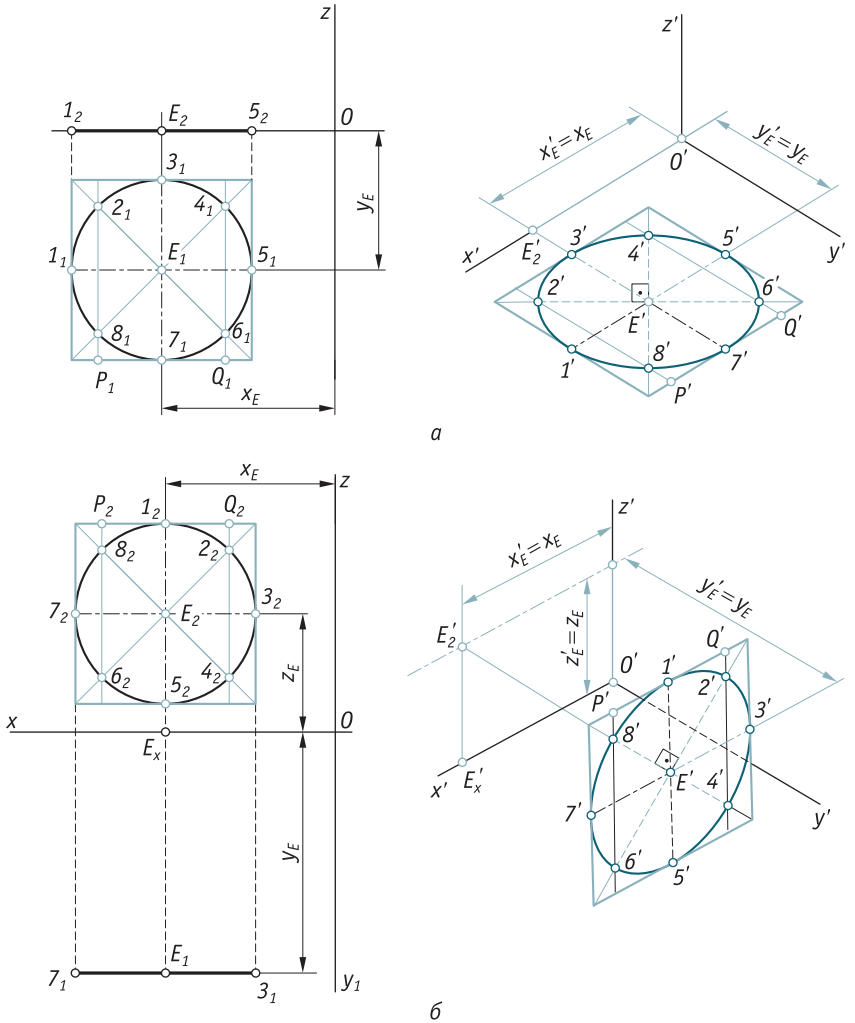


Рис. 2.24

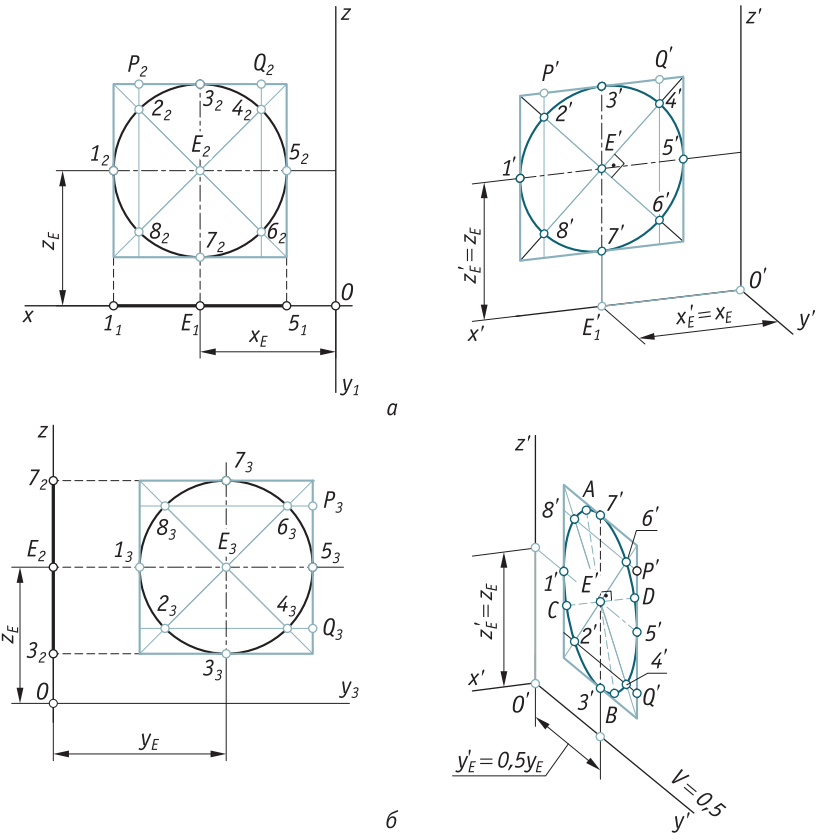


Рис. 2.25

ций $П_2$ и $П_3$, построена посредством квадрата (рис. 2.25, *а*), описанного около окружности. Диаметр *1—5* окружности, расположенной в плоскости $П_3$ (рис. 2.25, *б*), отобразится в отрезок [1′5′], уменьшенный в два раза, так как коэффициент искажения *V* по оси *O′y′* равен 0,5.

Для аксонометрических проекций эллипсы небольших размеров (большая ось эллипса меньше 20 мм) вычерчивают по восьми точкам. При вычерчивании эллипса с большими размерами осей (большая ось эллипса больше 20 мм) его заменяют овалом с такими же осями, как у эллипса, и состоящим из четырех дуг окружностей. Четырехцентровый овал, построенный по двум его осям *AB* и *CD*, приближенно заменяет аксонометрическую проекцию окружности (рис. 2.26, *а*).

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Пусть AB — большая ось эллипса, CD — его малая ось. Построение овала с осями, равными осям эллипса, производится дугами окружностей из центров O^1, O^2, O^3, O^4. Для нахождения центров O^1 и O^2 на малой оси откладывают отрезок $|OE| = |OA|$, т. е. длину большой полуоси. На прямой AC от точки C откладывают разность полуосей — отрезок $|CE^1| = |CE|$. Через середину отрезка $[AE^1]$ — точку T — проводят перпендикуляр, пересечение которого с данными осями определяет центры O^1 и O^2. Два других центра O^3 и O^4 находят как точки, симметричные соответственно O^1 и O^2 относительно центра O. Дуги KAM и LBN проводят из центров O^1 и O^3 радиусом $r = |O^1A| = |O^3B|$; дуги KCL и MDN — из центров O^2 и O^4 радиусом $R = |O^2C| = |O^4D|$. Точки K, L, M, N — точки сопряжения дуг овала.

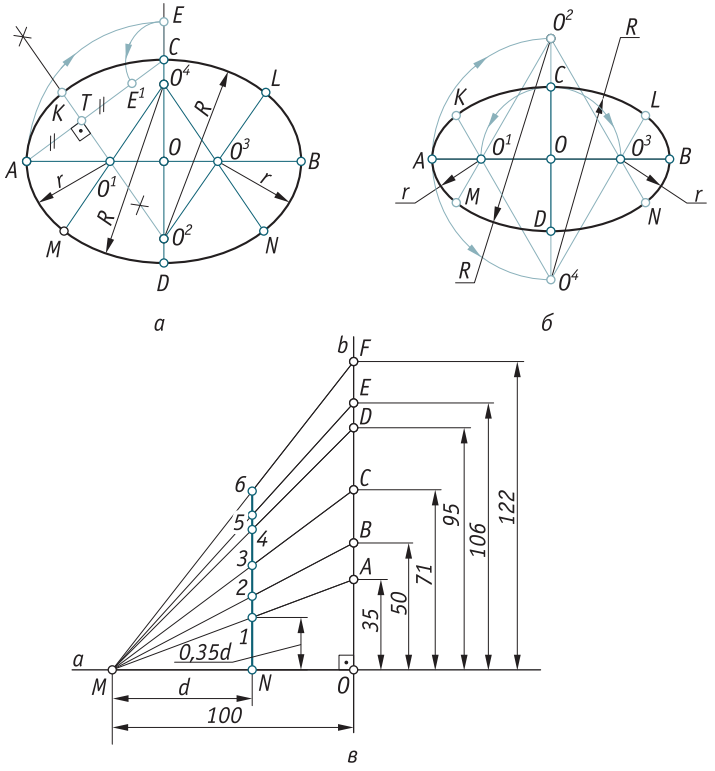


Рис. 2.26

При аналогичных построениях овала, заменяющего эллипс в прямоугольной изометрии, центры O^1 и O^2 дуг окружностей удалены от центра овала на расстояния, равные соответственно малой и большой полуосям овала, т.е. $|OO^1| = |OC|$, а $|OO^2| = |OA|$. Из точки O описывают две полуокружности радиусами, равными полуосям OC и OA овала (рис. 2.26, *б*). На пересечении полуокружностей с осями AB и CD получают пары точек O^1, O^3 и O^2, O^4 — центры сопряженных дуг окружностей, из которых состоит овал.

Для исключения арифметических действий по определению величин осей эллипсов воспользуемся диаграммой графического умножения диаметра окружности на соответствующие коэффициенты искажения осей эллипса, применяемые в стандартных видах аксонометрических проекций. Для этого построим взаимно перпендикулярные прямые a и b, пересекающиеся в точке O (рис. 2.26, *в*).

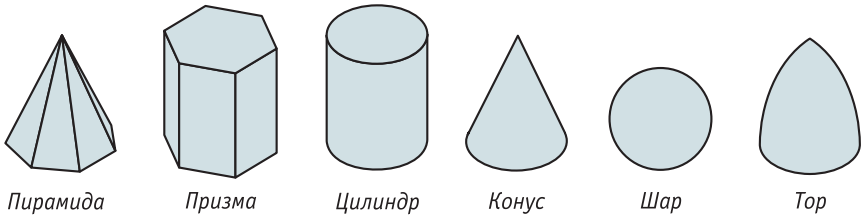
На прямой a от точки O отложим отрезок $[OM]$, равный 100 мм; на другой — отрезки $[OA]$, $[OB]$, $[OC]$, $[OD]$, $[OE]$, $[OF]$, равные соответственно 35, 50, 71, 95, 106, 122 мм. Точки A, B, C, D, E, F соединим с точкой M. На прямой a от точки M отложим отрезок $[MN]$, равный по длине диаметру окружности d. Из точки N восстановим перпендикуляр к OM, который пересечет прямые MA, MB, MC, MD, ME, MF в точках *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*. Отрезки $[N1]$, $[N2]$, $[N3]$, $[N4]$, $[N5]$, $[N6]$ равны соответственно $0{,}35d$; $0{,}5d$; $0{,}71d$; $0{,}95d$; $1{,}06d$; $1{,}22d$.

2.9. ОРТОГОНАЛЬНЫЕ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

2.9.1. Геометрические основы форм деталей

Геометрическое тело — это любая замкнутая область пространства с ее границей — поверхностью. Форма любой детали представляет собой сочетание простейших геометрических тел или их частей. К простейшим телам (рис. 2.27, *а*) относятся многогранники (призма, пирамида) и тела вращения (цилиндр, конус, шар, тор). Они являются основой форм деталей машин и механизмов. Наружную форму детали, внешняя форма которой состоит из простейших геометрических тел и их частей (рис. 2.27, *б*), можно представить как объединение прямых призм *1*, *2*, *7* и по-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



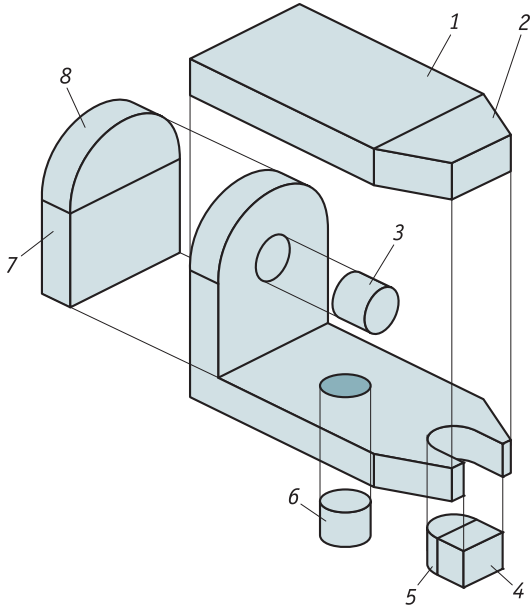


Рис. 2.27

луцилиндра *8*. Внутренние полости детали получены удалением из общего объема детали прямой призмы *4*, полуцилиндра *5* и двух цилиндров *3* и *6*.

2.9.2. Проекции многогранников

Общие положения. *Многогранником* называется тело, ограниченное плоскими многоугольниками. Многоугольники, из которых состоит многогранник, называются *гранями*, их смежные стороны — *ребрами*, а общие вершины — *вершинами многогранника*. Совокупность вершин и ребер многогранника называют его *сеткой*.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

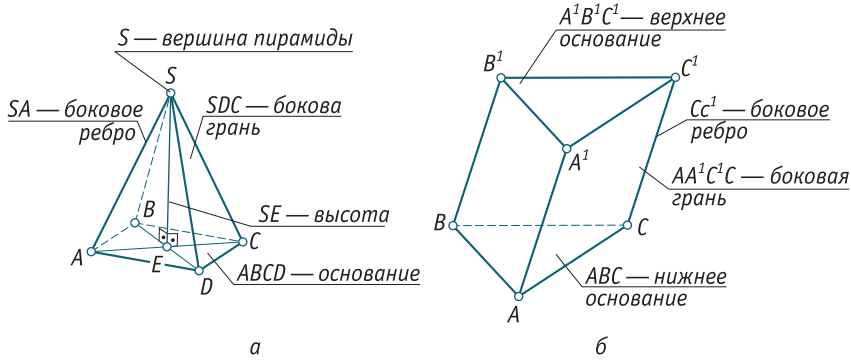


Рис. 2.28

Пирамида — многогранник (рис. 2.28, *а*), одна из граней которого является *основанием* (в данном примере — квадрат *ABCD*); все остальные грани (*SAB*, *SBC*, *SCD*, *SDA*), называемые боковыми — это треугольники, сходящиеся вершинами в точке *S* — вершине пирамиды.

Высота пирамиды — это перпендикуляр, опущенный из ее вершины на основание. Пирамиду называют прямой, если ее высота проходит через центр тяжести основания, в остальных случаях пирамиду называют наклонной.

Пирамида называется правильной, если ее основание представляет собой правильный многоугольник, а высота проходит через центр основания.

Призма — многогранник, две противоположные грани которого, являющиеся основаниями, представляют собой равные многоугольники с параллельными сторонами, а остальные грани, называемые боковыми, — параллелограммы (рис. 2.28, *б*). Противоположные стороны AA^1, BB^1 и CC^1 параллелограммов называют боковыми ребрами призмы.

Призму называют прямой, если ее боковые ребра перпендикулярны плоскости основания, в остальных случаях призму называют наклонной. Прямую призму называют правильной, если ее основания представляют собой равные правильные многоугольники, а боковые грани — равные прямоугольники. Призму называют параллелепипедом, если ее основания — параллелограммы. Если шесть граней призмы — прямоугольники, то призму называют прямоугольным параллелепипедом. Призму и пирамиду называют треугольными, четырехугольными (и т. д.), если в основании лежит треугольник, четырехугольник (и т. д.).

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Многогранники бывают выпуклые и невыпуклые. *Выпуклым* называют многогранник, тело которого расположено по одну сторону от плоскости любой его грани (см. рис. 2.28).

Проекции пирамиды и призмы. На чертеже многогранник задают проекциями своей сетки, т. е. проекциями ребер и вершин. Если точка лежит на поверхности многогранника, то она располагается на его ребре или грани. Построение ортогональных проекций правильной четырехугольной пирамиды *SABCD* (рис. 2.29, *а*),

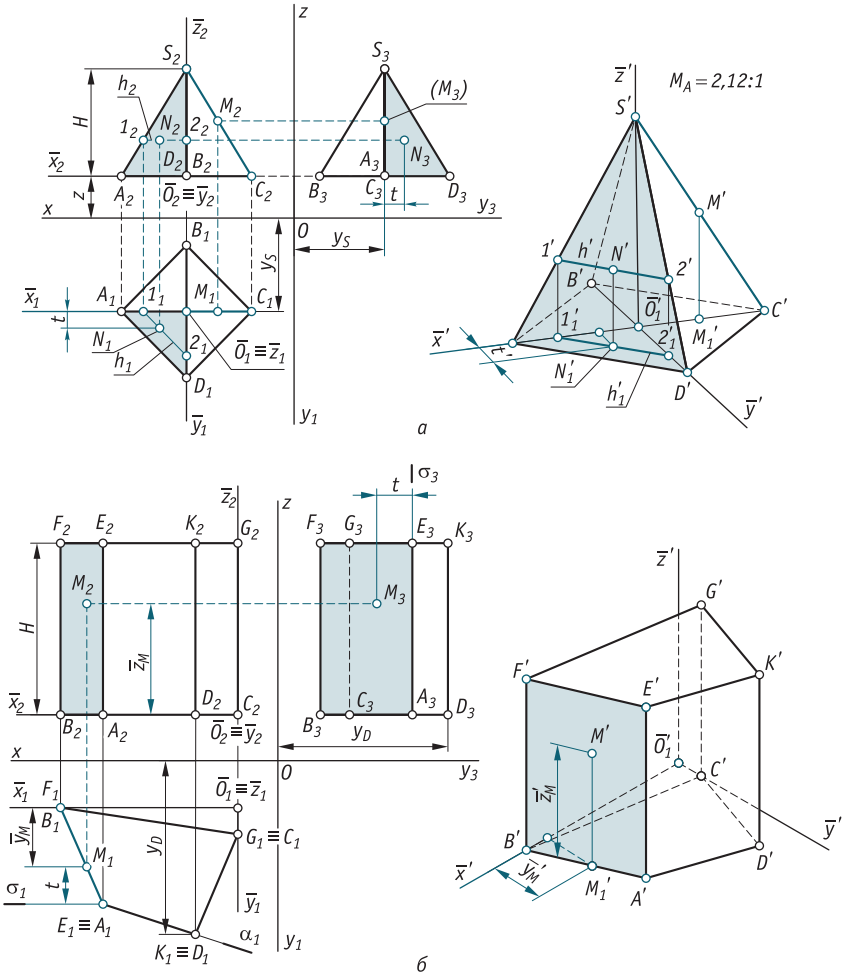


Рис. 2.29

основание которой параллельно плоскости проекций Π_1, начинают с изображения на Π_1 квадрата $A_1B_1C_1D_1$ — горизонтальной проекции основания пирамиды.

Фронтальной и профильной проекциями основания пирамиды будут отрезки A_2C_2 и B_3D_3, параллельные соответственно осям Ox и Oy и удаленные от них на расстоянии z. По горизонтальной проекции S_1 вершины пирамиды и ее высоте строят проекции S_2 и S_3, а также проекции пирамиды на Π_2 и Π_3. Построение недостающих проекций M_1 точки M, принадлежащей ребру SC пирамиды, и проекции N_2 точки N, расположенной на грани SAD пирамиды, ясно из чертежа (см. рис. 2.29, *а*).

Аксонометрия этих точек построена с использованием вторичных горизонтальных проекций M_1' и N_1', расположенных соответственно на $S_1'C_1'$ и h_1'. Прямая h_1' проходит через точки $1_1'$ $2_1'$, принадлежащие координатным осям $\overline{O}'\overline{x}'$ и $\overline{O}'\overline{y}'$. Проекции четырехугольной призмы и ее прямоугольная изометрия с точкой M, принадлежащей грани $ABFE$, приведены на рис. 2.29, *б*.

2.9.3. Пересечение многогранника плоскостью

Сечением многогранника плоскостью является плоский многоугольник, наибольшее число сторон которого может равняться числу граней многогранника. Для построения сечения строят линии пересечения граней многогранника с секущей плоскостью или точки пересечения ребер многогранника с той же плоскостью. В первом случае многократно решают задачу на определение линии пересечения двух плоскостей, во втором случае многократно решают задачу на определение точки пересечения прямой и плоскости.

Построение проекции фигуры сечения правильной шестиугольной пирамиды $\Phi[SABCDEF]$ плоскостью $\alpha \perp \Pi_2$ и ее прямоугольной изометрии приведены на рис. 2.30. Начало отсчета координатных осей пользовательской системы «привяжем» к центру основания пирамиды. Аксонометрию пирамиды строим по ее основанию и вершине S.

Строим вторичные фронтальные проекции $S_2A_2B_2C_2D_2E_2F_2$ и $1_2'2_2'3_2'4_2'5_2'6_2'$ соответственно пирамиды и сечения. Вторичная проекция сечения является отрезком прямой, который строим посредством точек P' и Q', лежащих соответственно на осях $O'x'$ и $O'z'$. Из точек вторичной проекции сечения проводим прямые,

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

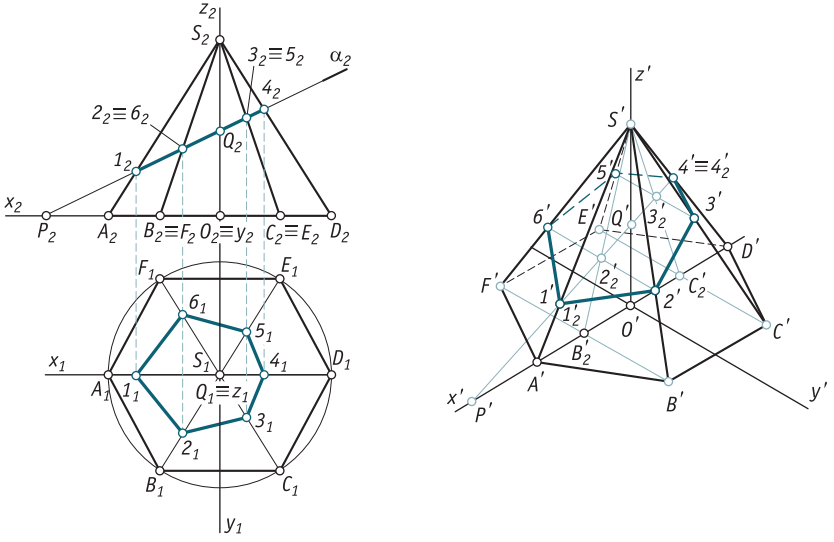


Рис. 2.30

параллельные оси $O'y'$, до пересечения с соответствующими ребрами пирамиды в точках $1'$, $2'$, $3'$, $4'$, $5'$, $6'$. Соединив эти точки, получим шестиугольник $1'—2'—3'—4'—5'—6'$ — аксонометрическую проекцию фигуры сечения пирамиды Ф плоскостью α.

2.9.4. Проекции поверхностей тел вращения

Общие положения. Тела вращения являются составной частью круглых деталей. Рассмотрим некоторые понятия о поверхностях вращения.

Заданы прямоугольный треугольник *ABC* и прямоугольник *ABCD*. Вращая треугольник *ABC* вокруг вертикального катета *BC* (рис. 2.31, *а*), получаем тело — *прямой круговой конус*. Боковая поверхность этого тела образована вращением гипотенузы *AB*, а его полная поверхность получена добавлением к боковой поверхности основания конуса — круга, образованного вращением катета *AC*.

Вращая прямоугольник *ABCD* вокруг стороны *CD*, получаем тело — *прямой круговой цилиндр* (рис. 2.31, *б*). Боковая поверхность этого тела образована вращением стороны *AB*, а полная поверхность состоит из его боковой поверхности и двух кругов, об-

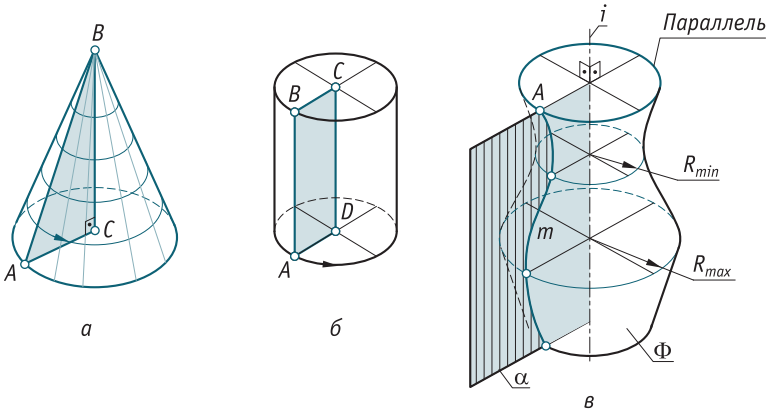


Рис. 2.31

разованных вращением сторон *BC* и *AD*, называемых основаниями цилиндра. Отрезок *AB* называют производящим (образующим) элементом этих поверхностей, а прямые *BC* и *CD* — их осями вращения.

Основные понятия. Вращая кривую линию *m*, лежащую в плоскости α (рис. 2.31, *в*), вокруг прямой *i* — оси вращения, получаем поверхность вращения **Ф**. Любая точка, например *A*, производящей линии *m*, вращаясь вокруг оси *i*, образует окружность — параллель поверхности. Плоскость параллели перпендикулярна оси вращения. Параллель минимального радиуса — горловина поверхности; параллель максимального радиуса — экватор поверхности.

Множество линий поверхности, заполняющих ее так, что через каждую точку поверхности проходит одна линия этого множества, называется *каркасом поверхности*. Если это множество непрерывно, то каркас непрерывный, в других случаях — дискретный, т. е. содержащий конечное число линий каркаса. На поверхности вращения можно построить множество параллелей, образующих ее непрерывный каркас, заполняющий всю поверхность.

Кривая, полученная при пересечении поверхности вращения с осевой плоскостью, — *меридиан* поверхности **Ф**. Если плоскость меридиана параллельна плоскости проекций, то меридиан называется главным. Меридианы равны между собой и симметричны относительно оси поверхности. На поверхности вращения можно построить множество меридианов, заполняющих ее и образующих ее непрерывный каркас.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Два семейства линий поверхности — каркас параллелей и каркас меридианов — *сеть поверхности*. Сеть поверхности конуса состоит из каркаса прямых (образующих конуса) и каркаса окружностей (см. рис. 2.31, *а*). Отличительный признак поверхности вращения — плоскость параллели (окружности) перпендикулярна оси поверхности.

Очертание поверхности. Рассмотрим ортогональное проецирование поверхности сферы на плоскости проекций $П_1$ и $П_2$ (рис. 2.32, *а*). Из множества лучей, проецирующих поверхность сферы на $П_1$, выделим лучи, касающиеся поверхности сферы и образующие проецирующую цилиндрическую поверхность Ω. Окружность *k* касания проецирующей поверхности Ω с поверхностью сферы — контурная линия, являющаяся экватором сферы. Горизонтальная проекция k_1 контурной линии *k* (окружности экватора) — очертание горизонтальной проекции сферы, или ее горизонтальный очерк. Фронтальная проекция k_2 контурной линии *k* — линия видимости для горизонтальной проекции сферы, так как линия *k* — экватор сферы при ее проецировании на $П_1$ делит сферу на две части: верхнюю видимую и нижнюю невидимую.

Контурную линию — окружность главного меридиана *m* — проецируют на $П_2$ в очертание фронтальной проекции сферы,

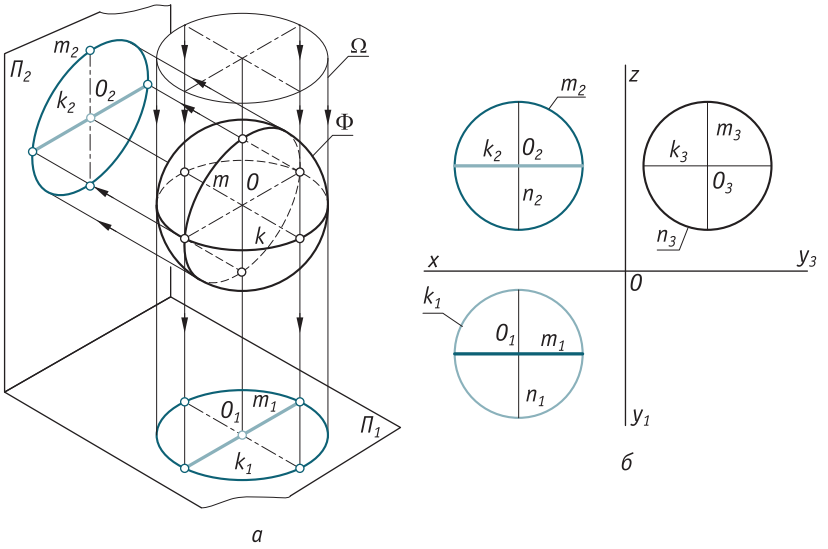


Рис. 2.32

или в ее фронтальный очерк. Горизонтальная проекция m_1 линии m (окружность главного меридиана) — линия видимости для фронтальной проекции сферы. На ортогональном чертеже поверхности вращения задают их очертаниями. Очертаниями сферы на плоскостях Π_1, Π_2 и Π_3 являются окружности k_1, m_2 и n_3 (рис. 2.32, *б*). На другие плоскости окружности k, m и n проецируются в линии видимости k_2 и k_3, m_1 и m_3, n_1 и n_2 для проекций сферы соответственно на Π_1, Π_2 и Π_3.

Проекции тора. Поверхность тора образуют вращением окружности вокруг оси, расположенной в плоскости окружности, но не проходящей через ее центр. Если производящая окружность m не пересекает ось вращения i, то образованная ею поверхность называется *открытым* тором, или *кольцом* (рис. 2.33, *а*). Если производящая окружность m касается (рис. 2.33, *б*) оси вращения i или пересекает ее (рис. 2.33, *в*) в двух точках A и B (производящей линией будет большая дуга окружности), тор называется *закрытым*. Окружность, по которой вращается центр O производящей окружности m, называется линией центров. Главным меридианом тора являются две окружности m и m', принадлежащие осевой плоскости $\alpha \parallel \Pi_2$ и расположенные симметрично относительно оси вращения.

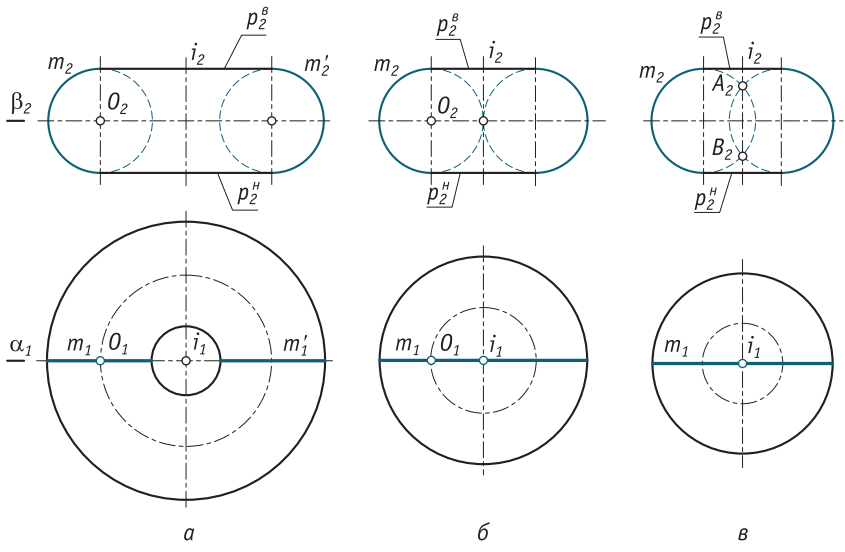


Рис. 2.33

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

2.9.5. Проекции поверхностей вращения второго порядка

Порядок плоской кривой линии графически определяют количеством точек ее пересечения с секущей прямой. Если секущая прямая l пересекает плоскую кривую m в четырех точках, то кривая m — четвертого порядка; если в двух точках, то линия m — кривая второго порядка. Вращением кривой второго порядка вокруг собственной оси или оси, лежащей в плоскости симметрии кривой, получают поверхность вращения второго порядка.

Поверхность сферы образуется вращением окружности вокруг ее диаметра. Очерк горизонтальной проекции сферы — это окружность — проекция экватора сферы, а очерк ее фронтальной проекции — тоже окружность — проекция главного меридиана сферы (см. рис. 2.32, *б*).

Вращая эллипс m вокруг его большой оси AB, получаем *поверхность вытянутого эллипсоида вращения* (рис. 2.34, *а*), вращая вокруг малой оси CD, — *поверхность сжатого эллипсоида вращения*. Горизонтальный очерк вытянутого эллипсоида — окружность p_1 (проекция экватора), а фронтальный очерк — эллипс m_2 (проекция главного меридиана m).

Поверхность параболоида вращения образуется вращением параболы вокруг ее оси i (рис. 2.34, *б*). Очерком фронтальной проекции отсека поверхности параболоида является дуга параболы m_2 — проекция главного меридиана m параболоида и отрезок k_2 с концами на очерке m_2 — проекция граничной окружности k отсека поверхности. Горизонтальная проекция отсека параболоида ограничена окружностью k_1.

Вращая гиперболу m вокруг ее мнимой оси i, получаем *поверхность однополостного гиперболоида вращения* (рис. 2.35, *а*), а вращая вокруг действительной оси j, — *поверхность двуполостного гиперболоида вращения* (рис. 2.35, *б*). Очертанием отсека однополостного гиперболоида вращения на Π_2 является дуга гиперболы m_2 — проекция главного меридиана гиперболоида — и два горизонтальных отрезка k_2 и g_2 — фронтальные проекции граничных окружностей k и g отсека поверхности с концами на очерке m_2.

На плоскости Π_1 его проекция ограничена очерковой окружностью p_1 — проекцией горловины гиперболоида — и окружностями $k_1 \equiv g_1$. Для отсека поверхности двуполостного гиперболоида вращения фронтальным очерком является дуга гиперболы m_2 — проекция главного меридиана m — и отрезки k_2, g_2 — проекции

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

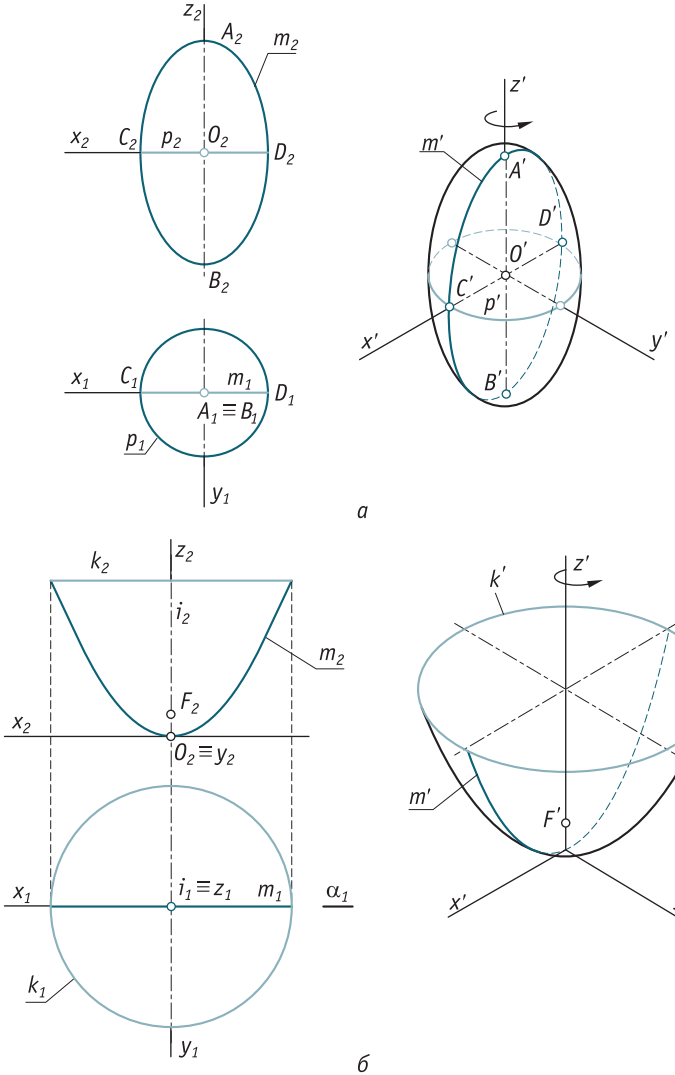


Рис. 2.34

граничных окружностей k и g отсека поверхности. На поле Π_1 проекция отсека гиперболоида ограничена окружностями $k_1 \equiv g_1$.

Линейчатые поверхности вращения образуются вращением распавшихся кривых второго порядка. Вращением двух параллельных прямых a и b вокруг оси симметрии i образуют *прямую*

круговую цилиндрическую поверхность (рис. 2.36, *а*). Так как $i \perp \Pi_1$, эту поверхность называют горизонтально-проецирующей.

Вращением двух симметричных относительно оси i прямых a и b, лежащих в плоскости α и пересекающихся в точке S, вокруг

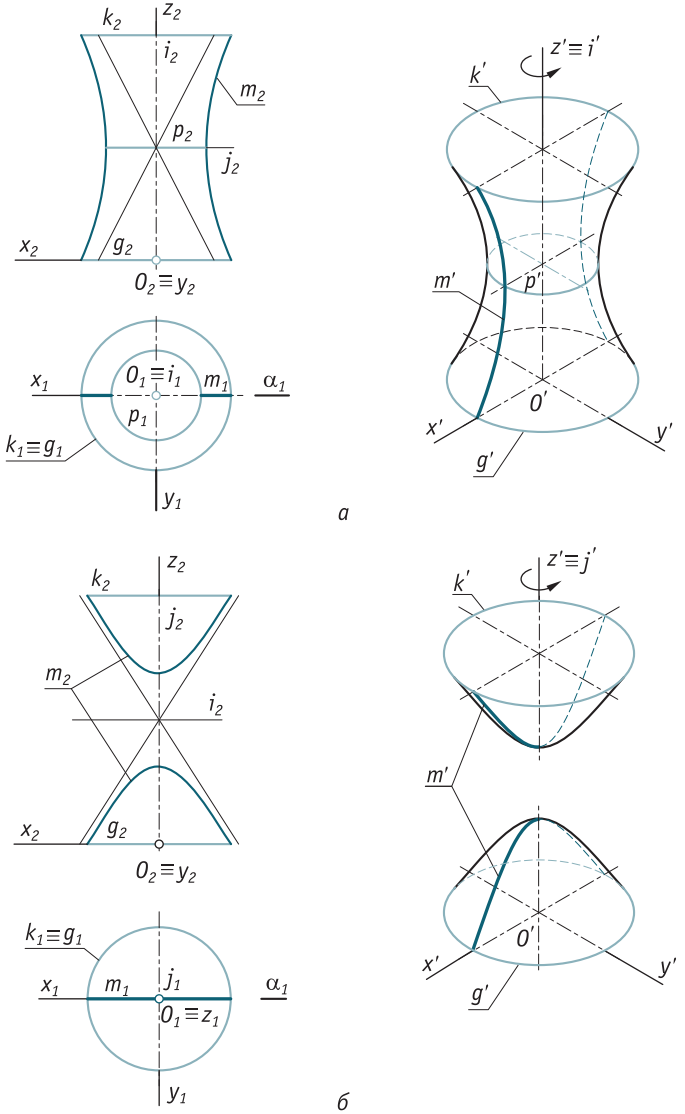


Рис. 2.35

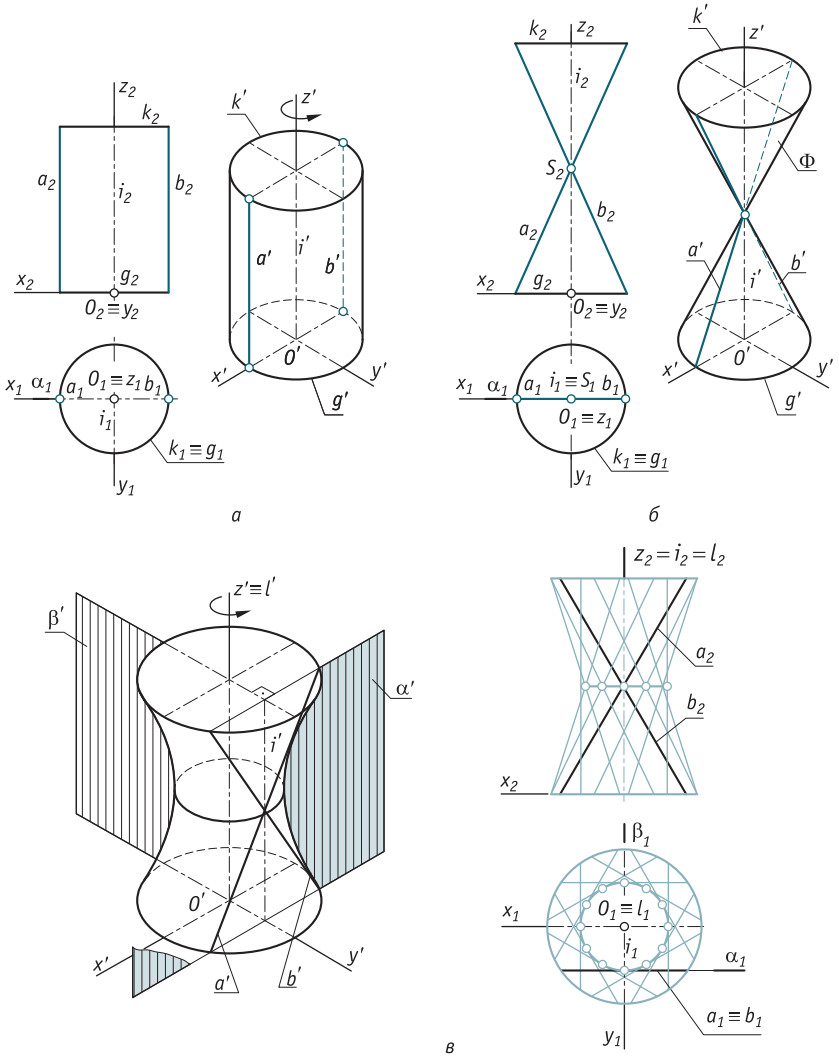


Рис. 2.36

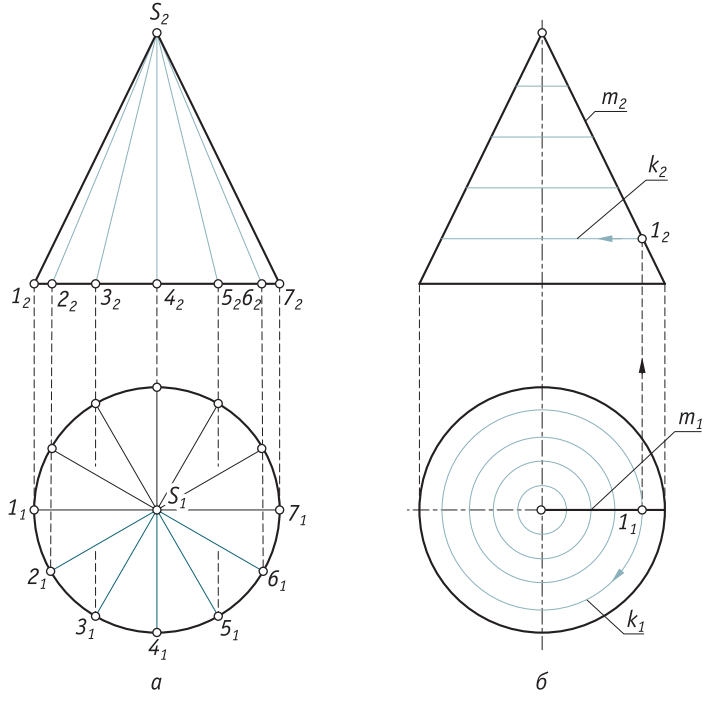
их вертикальной оси симметрии i образуют *прямую круговую коническую поверхность* Ф с вершиной в точке S (рис. 2.36, *б*). Поверхность Ф имеет верхнюю и нижнюю полости. На $П_2$ проекция отсека поверхности Ф ограничена двумя равнобедренными треугольниками с общей вершиной S_2. Их боковые стороны a_2 и b_2 — проекция главного меридиана конической поверхности, а их ос-

нования k_2 и g_2 — проекции граничных окружностей k и g отсека поверхности.

Поверхность однополостного гиперболоида вращения получают еще вращением пересекающихся прямых a и b с вертикальной осью симметрии i, принадлежащих плоскости α, вокруг оси вращения l, расположенной в плоскости симметрии β прямых a и b (рис. 2.36, *в*).

2.10. КАРКАСНЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПОЗИЦИОННЫХ ЗАДАЧ НА ПОВЕРХНОСТИ

Задача 2.5. На чертеже поверхности построить проекции сколь угодно плотного каркаса графически простых линий. Графически простую линию (прямую и окружность) строят с помощью линейки или циркуля. На чертеже поверхности практически невозможно построить проекции непрерывного каркаса ее образующих.



а *б*

Рис. 2.37

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Поэтому прибегают к построению достаточно плотного каркаса графически простых линий, например каркаса прямых (рис. 2.37, *а*) и окружностей (рис. 2.37, *б*) на чертеже поверхности прямого кругового конуса. При необходимости чертеж поверхности дополняют проекциями новых линий каркаса.

Задача 2.6. На чертеже поверхности по одной проекции точки, принадлежащей поверхности, построить ее вторую проекцию. Решение этой задачи основывается на решении задачи 2.5 при условии, что любая точка принадлежит поверхности Ф, если она принадлежит какой-либо графически простой линии каркаса этой поверхности, т. е. прямой или окружности. Точка A принадлежит поверхности конуса (рис. 2.38, *а*), так как она расположена на образующей l конуса.

Если точка принадлежит некоторой поверхности, то на чертеже поверхности должно выполняться следующее условие (эпюрный признак): проекции точки должны принадлежать одноименным проекциям графически простой линии каркаса поверхности. Если на чертеже поверхности одна из проекций ее точки принадлежит очерку поверхности, то недостающие проекции такой точки находят без построения проекций линии каркаса. В остальных случаях предварительно строят проекции графически простой линии каркаса поверхности, проходящей по ней через заданную точку. Пример построения недостающих проекций A_2, B_1, C_3 и D_1 точек A, B, C и D*, принадлежащих поверхности прямого кругового конического тела с учетом их видимости, приведен на рис. 2.38, *б*.

Задача 2.7 На чертеже поверхности Ф по заданной проекции линии k, принадлежащей поверхности, построить недостающие проекции. Рассмотрим два варианта решения задачи. В первом варианте линия k является линией каркаса поверхности. Решение этой задачи сводится к пополнению каркаса поверхности еще одной линией каркаса (решается задача 2.5).

Во втором варианте линия k — случайная кривая на поверхности. Задачу решаем следующим образом: строим проекции достаточно плотного каркаса графически простых линий l^1, l^2, ..., l^n на поверхности (решаем задачу 2.5); отмечаем точки пересечения заданной проекции кривой k с одноименными проекциями построенных линий каркаса l^1, l^2, ..., l^n поверхности и строим их недостаю-

* На чертеже поверхности или поверхности тела заданные проекции точек отмечены крестиком.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

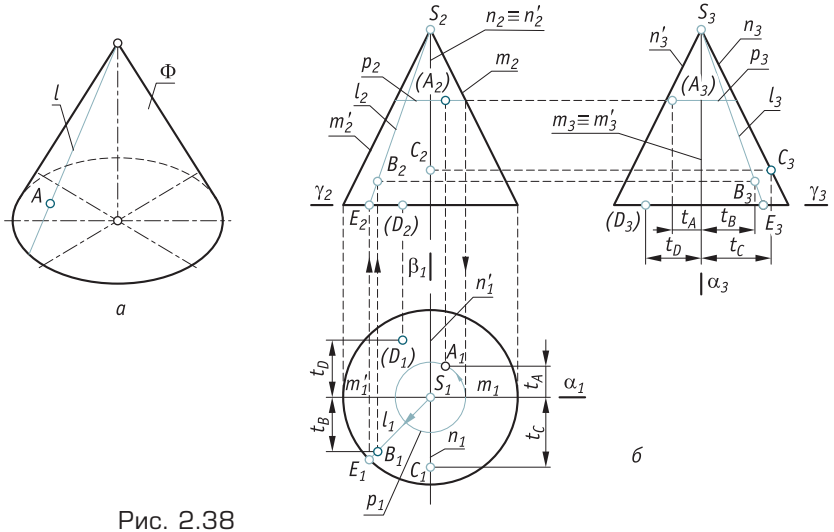


Рис. 2.38

щие проекции (решаем задачу 2.6); соединяем между собой лекальной кривой проекции построенных точек и получаем искомые проекции кривой k. Задачу решаем по схеме: задача 2.5 → задача 2.6 → задача 2.7. Пример построения горизонтальной проекции k_1 кривой k, принадлежащей видимой части поверхности сферы, по ее заданной фронтальной проекции k_2 приведен на рис. 2.39.

Задача 2.8. На чертеже поверхности Φ построить проекции линии пересечения плоскости α, заданной своими проекциями, с поверхностью Φ геометрического тела. Плоскость α частного положения пересекает полную поверхность тела вращения Φ по плоской фигуре, называемой его *сечением* и ограниченной замкнутой кривой линией k, называемой границей фигуры сечения. Одна из проекций линии k совпадает с вырожденной проекцией плоскости α. Точки кривой k находим на пересечении простейших линий каркаса поверхности Φ с плоскостью α. На поверхности Φ линия k — случайная. На линейчатой поверхности рациональнее выбирать каркас прямых, а на поверхности вращения — каркас окружностей.

Задачу решаем по схеме: задача 2.5 → задача 2.6 → задача 2.7 → задача 2.8. Построение линии k начинаем с определения ее опорных (характерных) точек, к которым относятся: *экстремальные точки* — точки наиболее и наименее удаленные от плоскостей проекций; *точки видимости* — точки на очерках поверхно-

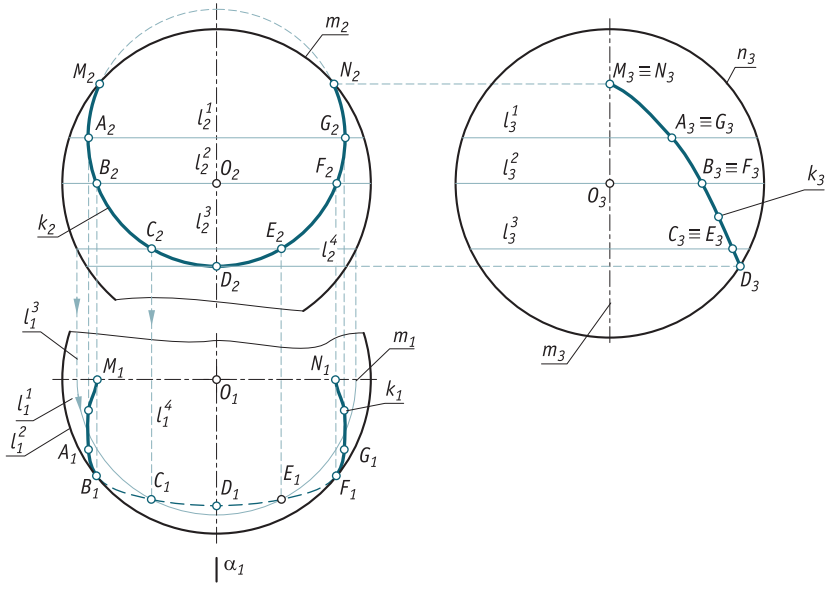


Рис. 2.39

сти, делящие кривую k на видимую и невидимую части; проекции кривой k в этих точках касаются очерков поверхности Ф.

В зависимости от положения секущей плоскости α относительно оси i цилиндра фигурой сечения $\sum$ могут быть (рис. 2.40, *а*): прямоугольник, если $\alpha \parallel i$; круг, если $\alpha \perp i$; плоская фигура, ограниченная эллипсом k, если α наклонена к оси i под углом $0° < \varphi < 90°$.

При различном расположении секущей плоскости α относительно оси i прямого кругового конуса получают различные фигуры сечения конуса плоскостью (рис. 2.40, *б*). Поверхность прямого кругового конуса является носителем кривых второго порядка: окружности, эллипса, параболы и гиперболы. Их границами служат кривые второго порядка, называемые коническими сечениями.

Если секущая плоскость $\alpha^1 \perp i$, то фигура сечения — круг, границей которого является окружность. Если секущая плоскость α^2 пересекает все образующие поверхности конуса, то в сечении получается плоская фигура, границей которой является эллипс. Если плоскость α^3 параллельна одной образующей поверхности конуса, то частью границы фигуры сечения является парабола. Если плоскость α^4 параллельна двум образующим поверхности конуса и, в частности, параллельна его оси, то частью границы

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

фигуры сечения является гипербола. Если плоскость α^5 проходит через вершину S конуса, то в сечении получается равнобедренный треугольник, боковые стороны которого — образующие SA и SB боковой поверхности конуса, а его основание — хорда AB круга, лежащего в основании конуса.

На ортогональном чертеже (рис. 2.40, *в*) во фронтальной проекции приведены различные случаи пересечения конуса, ось ко-

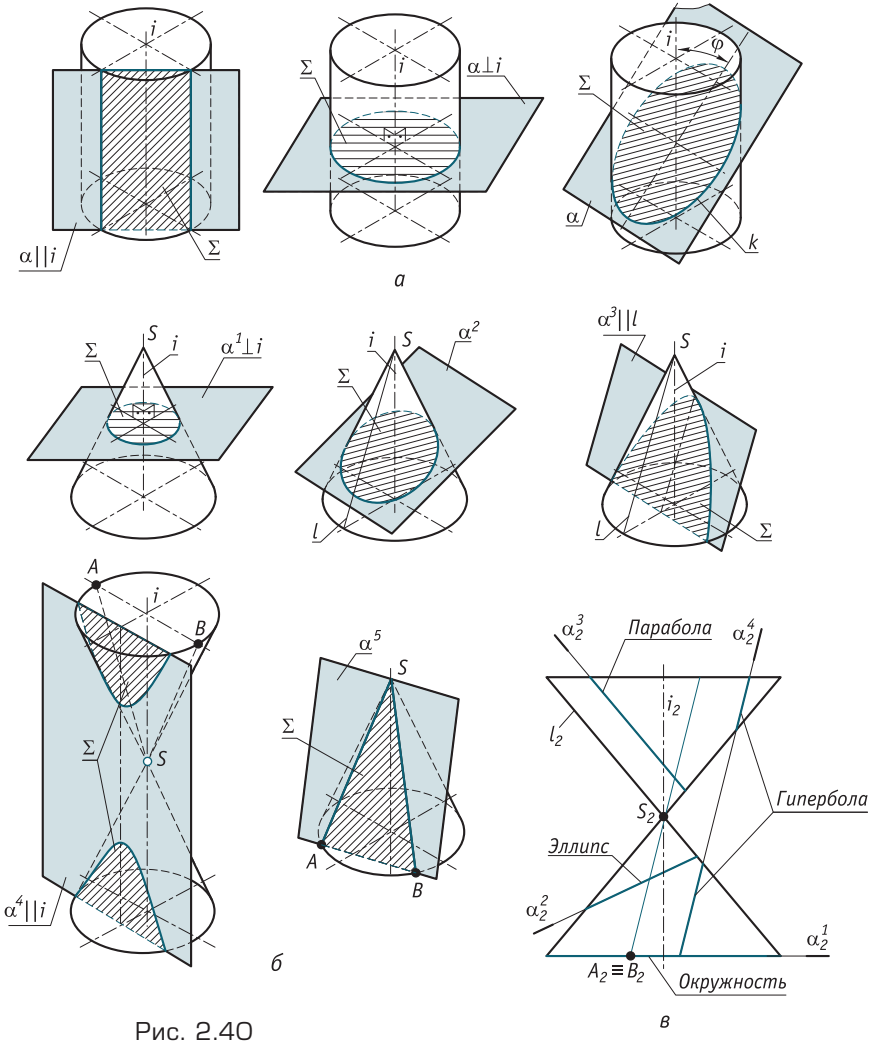


Рис. 2.40

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

торого $i \perp \Pi_1$, плоскостью $\alpha \perp \Pi_2$. На рис. 2.41 построены проекции и натуральная величина эллипса k — границы фигуры сечения прямого кругового конуса плоскостью $\alpha \perp \Pi_2$.

Задача 2.9. На чертеже поверхности Ф и прямой l построить проекции точек их пересечения. Задачу решаем следующим образом (рис. 2.42, *а*): через прямую l проводим вспомогательную плоскость-посредник α; строим линию k пересечения плоскости α с поверхностью Ф; находим точки M и N пересечения прямой l с поверхностью Ф, как точки пересечения линий l и k. На чертеже одна проекция случайной линии k на поверхности Ф задана вырожденной проекцией проецирующей плоскости α. Схема решения: задача 2.5 → задача 2.6 → задача 2.7 → задача 2.8 → задача 2.9.

Эпюрное решение задачи начинаем с введения фронтально-проецирующей плоскости-посредника α (рис. 2.42, *б*), проекция α_2 которой совпадает с l_2. Плоскость α пересекает поверхность тора по кривой k. Фронтальная проекция k_2 — отрезок $[A_2B_2] \equiv \alpha_2$. По проекции k_2 кривой k, принадлежащей поверхности Ф, используя окружности p^1, p^2, p^3 каркаса поверхности, строим проекцию k_1. На поле Π_1 кривая k_1 и прямая l_1 пересекаются в точ-

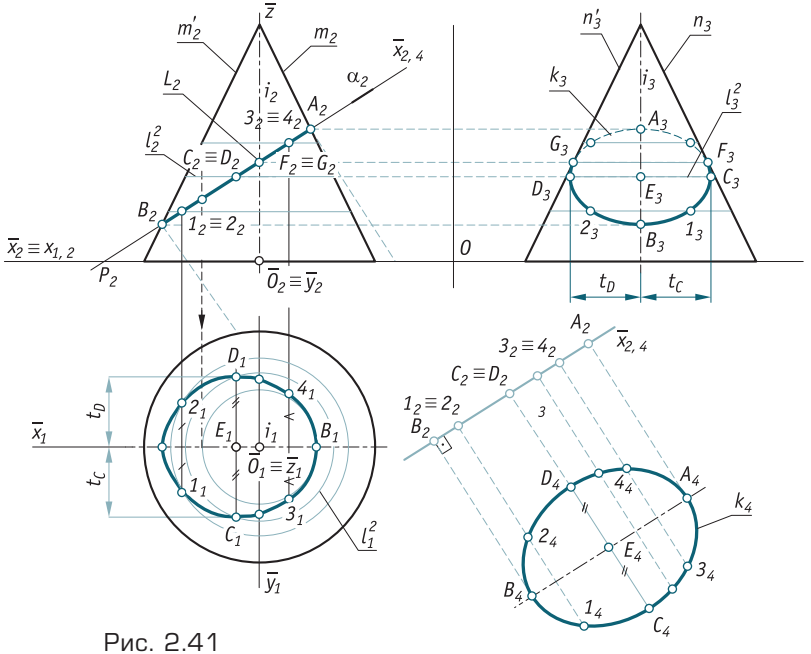


Рис. 2.41

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

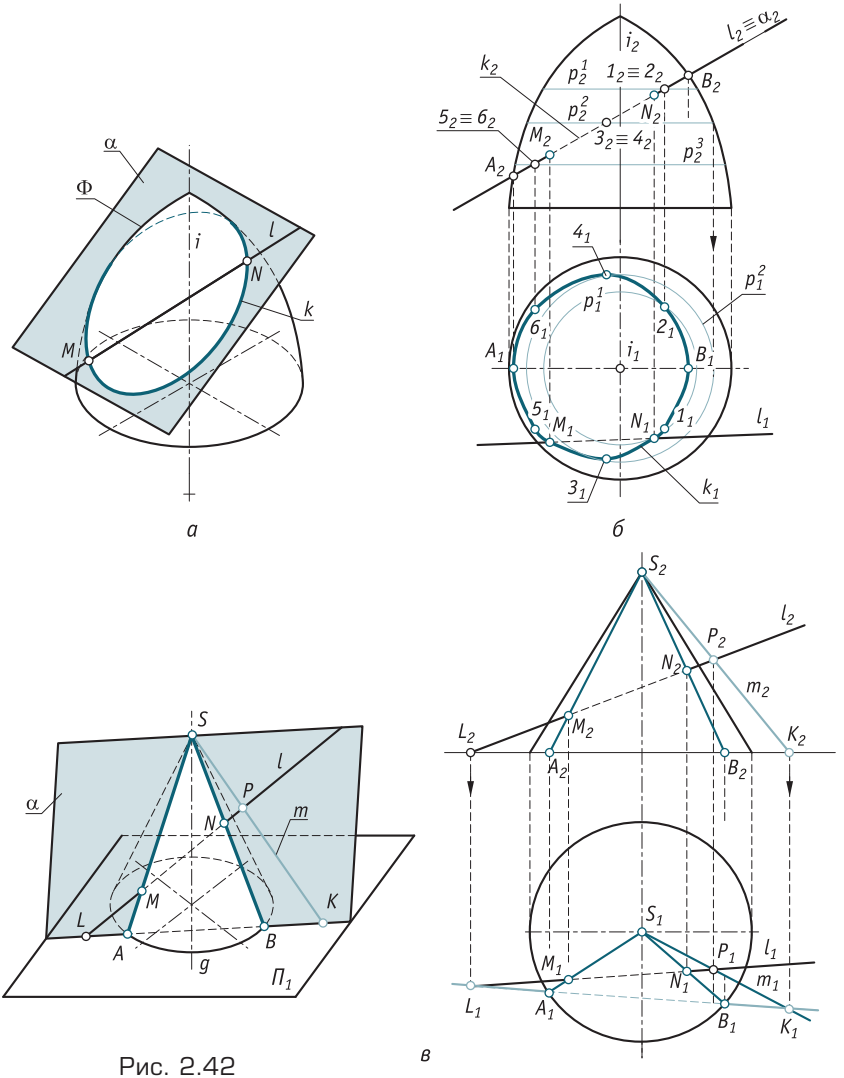


Рис. 2.42

ках M_1 и N_1. На пересечении l_2 с вертикальными линиями связи находим точки M_2 и N_2 — фронтальные проекции искомых точек M и N пересечения l с Ф.

Для построения проекций точек пересечения поверхности Ф прямого кругового конуса и прямой l (l_1, l_2) вводить проецирующую плоскость-посредник $\alpha \perp \Pi_2$ или $\alpha \perp \Pi_1$ нецелесообразно, так как в сечении α с поверхностью конуса получится лекальная кри-

вая — одна из кривых конических сечений. Чтобы не строить на чертеже лекальную кривую, выбираем плоскость-посредник (рис. 2.42, *в*), рассекающую поверхность Ф по простейшей линии каркаса. Плоскость α проводим через прямую *l* и вершину *S* конуса и задаем прямыми *l* и *m*. Прямая *m* проходит через точку *S* и пересекает *l* в точке *P*. Плоскость α пересекает боковую поверхность Ф конуса по образующим *SA* и *SB*. Для построения образующих *SA* и *SB* находим прямую *KL* пересечения плоскости α с плоскостью основания конуса (плоскостью Π_1), определяемой точками $K = m \cap \Pi_1$ и $L = l \cap \Pi_1$. Прямая *KL* пересекает окружность *g* основания конуса в точках *A* и *B*, определяющих с вершиной *S* образующие *SA* и *SB*. Прямая *l* пересекает образующие *SA* и *SB* в искомых точках *M* и *N* пересечения *l* и Ф, затем разграничиваем видимость прямой *l*.

Задача 2.10. На чертеже поверхностей Ф и Ω двух геометрических тел построить проекции линий *k* их взаимного пересечения. Для этого вводим вспомогательную плоскость или поверхность $\sum$, называемые посредниками. В пересечении посредника с поверхностями Ф и Ω должны получаться простые по форме линии каркаса (прямая, окружность). Линии каркаса поверхностей Ф и Ω, полученные пересечением посредника $\sum$ с данными поверхностями, пересекаются в точках, принадлежащих линии *k*. В качестве посредников используют плоскости уровня и сферы.

Способ плоскостей уровня. Пересекающиеся поверхности Ф и Ω — поверхности вращения, оси которых перпендикулярны плоскости Π_1. Плоскость-посредник σ проведена параллельно Π_1 и пересекает поверхности Ф и Ω по окружностям *p* и *g* — простейшим линиям их каркаса (рис. 2.43, *а*). Окружности *p* и *g* лежат в плоскости и пересекаются в точках *M* и *N*. Эти точки принадлежат одновременно поверхностям Ф и Ω, следовательно, точки *M* и *N* — точки линии пересечения поверхностей. Проведя ряд плоскостей-посредников, находят точки, принадлежащие линии пересечения поверхностей. Проекции линии пересечения поверхностей располагают в пределах площади наложения, т. е. общей площади одноименных проекций пересекающихся поверхностей. Площадь наложения проекций поверхностей заштрихована (рис. 2.43, *б*).

Построение проекции линии *k* пересечения поверхностей эллипсоида вращения и прямого кругового конуса, оси которых перпендикулярны плоскости Π_1 (рис. 2.43, *в*), начинают с выявления одного из двух возможных посредников: фронтальных или горизонтальных плоскостей уровня. Затем определяют опорные

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

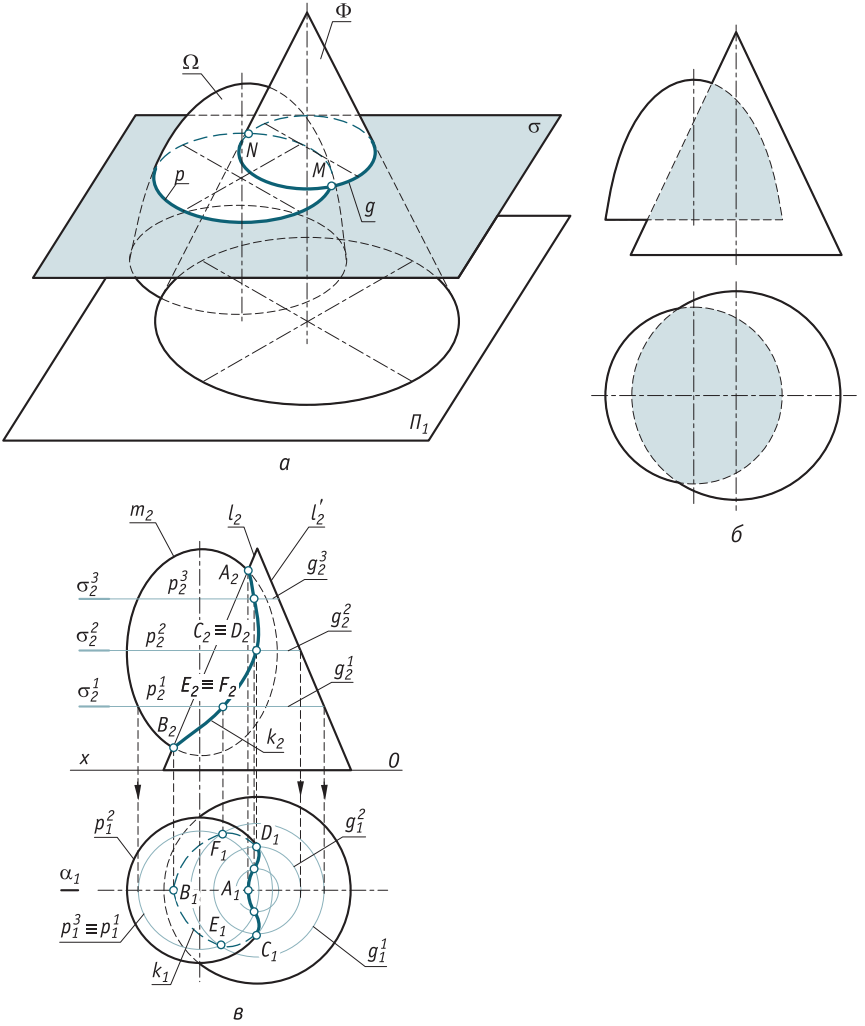


Рис. 2.43

точки линии *k*: точки наименее и наиболее удаленные от плоскостей проекций — экстремальные точки; точки, принадлежащие линиям очертания поверхностей, и среди них точки видимости.

В этих точках проекция линии пересечения касается очерковых линий пересекающихся поверхностей. *A* и *B* — это высшая и низшая точки линии пересечения по отношению к плоскости $П_1$. Точки *C* и *D* пересечения экватора эллипсоида с поверхностью

конуса — точки границы видимости линии пересечения на Π_1. Общая плоскость симметрии α данных поверхностей параллельна Π_2, следовательно, на Π_2 видимая и невидимая ветви проекции k_2 линии пересечения совпадают.

Для построения промежуточных точек E и F линии k проводят плоскость-посредник $\sigma^1 \| \Pi_1$. На Π_1 проекция $C_1A_1D_1$ дуги CAD линии пересечения видимая, а проекция $C_1E_1B_1F_1D_1$ — невидимая. В точках C_1 и D_1 проекция k_1 касается очерковой линии p_1^2 эллипсоида.

Способ концентрических сфер. Этот способ применяют для построения линии пересечения двух поверхностей вращения при условии, что оси поверхностей пересекаются и за центр сфер-посредников принимают точку пересечения осей. В основе способа концентрических сфер лежит частный случай пересечения двух поверхностей вращения, имеющих общую ось, т. е. являющихся соосными, и пересекающихся по окружностям, число которых равно числу точек пересечения главных меридианов поверхностей.

Если одна поверхность образована вращением меридиана m (m_2), а другая — вращением меридиана l (l_2) около общей оси i (i_2), то общие точки меридианов — $1(1_2)$, $2(2_2)$ и $3(3_2)$ описывают окружности, общие для данных поверхностей (рис. 2.44, *а*). Если общая ось поверхностей вращения параллельна плоскости проекций, например плоскости Π_2, то окружности проецируются на эту плоскость в виде отрезков прямых, а на плоскость Π_1 — в виде окружностей.

Пусть поверхность прямого кругового конуса пересекается со сферой, причем центр сферы — точка C — находится на оси конуса (рис. 2.44, *б*). За ось сферы принимают любой ее диаметр. Сфера соосна и пересекается по окружностям с любой поверхностью вращения, ось которой проходит через центр сферы. Свойство сферы с центром на оси поверхности вращения пересекать ее по окружностям и положено в основу способа концентрических сфер, т. е. сфер с общим центром. Построение проекции линии пересечения k двух конических поверхностей вращения Φ и Ω с осями i и j (рис. 2.44, *в*) невозможно выполнить способом вспомогательных плоскостей уровня, так как в горизонтальных плоскостях-посредниках на поверхности конуса Φ имеем семейство окружностей, а на поверхности Ω усеченного конуса — семейство гипербол. Во фронтальных плоскостях уровня обе поверхности содержат семейства гипербол. Поэтому в качестве посредников используют концентрические сферы-посредники с центром в точке C пересечения осей i и j заданных поверхностей.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

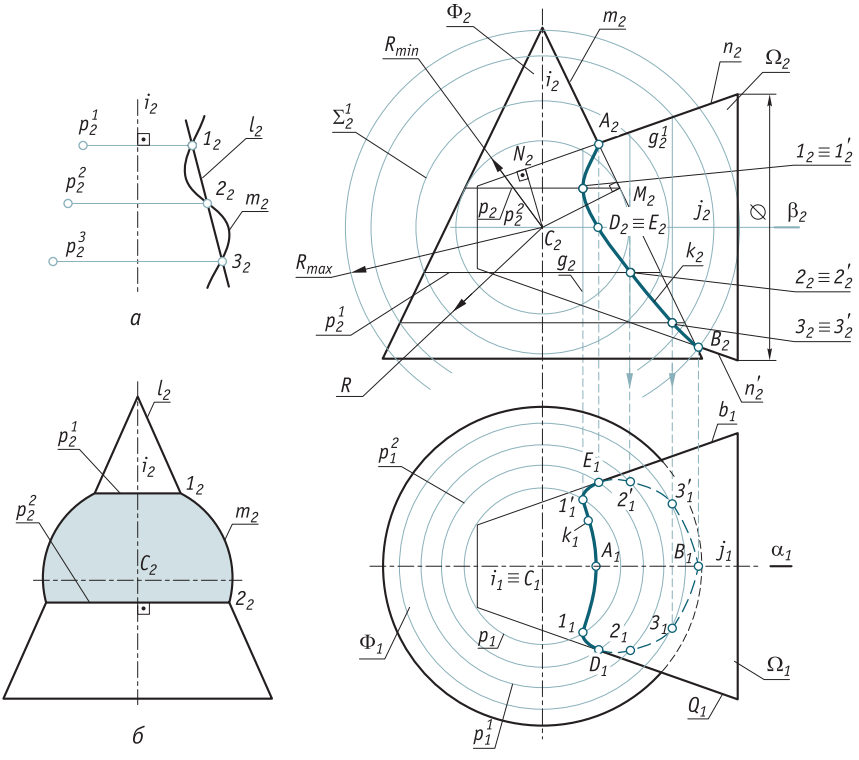


Рис. 2.44

Решение задачи начинают с определения сфер минимального R_{min} и максимального R_{max} радиусов. Величины R_{min} и R_{max} определяют на той плоскости проекций, по отношению к которой оси поверхностей параллельны. Сфера минимального радиуса должна быть вписана в поверхность конуса и соприкасаться с ней по окружности p, а с поверхностью Ω — пересекаться по окружности g. Поверхность Φ конуса не пересечется со сферой, если $R_{min} = |C_2N_2|$. Для определения величины R_{max} отмечают проекции A_2 и B_2 экстремальных точек (A — высшая точка; B — низшая точка) пересечения очерковых образующих m_2 и n_2, n_2', лежащих в общей плоскости симметрии α. Расстояние от центра C_2 до наиболее удаленной от него точки B_2 является радиусом наибольшей сферы, т. е. $R_{max} = |C_2B_2|$. Величины радиусов R остальных сфер-посредников должны удовлетворять условию: $R_{min} \le R \le R_{max}$.

Для построения промежуточных точек *2* и *2′* проводят сферу-посредник Σ^1 радиуса R с центром в точке C. Эту сферу на чер-

теже изображают окружностью того же радиуса с центром в точке C_2 (сфера $\sum^1$ показана только на Π_2). Сфера $\sum^1$ соосна с обеими поверхностями, поэтому рассечет их по окружностям p^1 и g^1 (еще две окружности p^2 и g^2, не дающие точек линии k, не показаны), которые проецируются на Π_2 в отрезки прямых p_2^1 и g_2^1, так как оси поверхностей параллельны Π_2. В пересечении отрезков прямых p_2^1 и g_2^1 получают проекции $2_2 \equiv 2'_2$ точек *2* и *2′* линии пересечения.

Проекции 2_1 и $2'_1$ точек *2* и *2′* принадлежат окружности p_1^1 и расположены на линии связи с точками $2_2 \equiv 2'_2$. Изменяя радиус сферы-посредника, получают точки линии пересечения. На плоскости Π_2 линия k_2 — видимая в силу своей симметрии относительно плоскости α. На Π_1 дуга $E_1A_1D_1$ — видимая, а дуга $E_1B_1D_1$ — невидимая. В точках D_1 и E_1 проекция k_1 касается очерковых образующих a_1 и b_1 усеченного конуса.

2.11. ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Две поверхности второго порядка пересекаются по кривой четвертого порядка. В некоторых частных случаях эта кривая распадается на две кривые второго порядка. Условия, при которых линия пересечения двух поверхностей второго порядка распадается на две кривые второго порядка, формулируются в теоремах, приведенных далее без доказательства.

Теорема 2.1. Если две поверхности второго порядка содержат общую кривую второго порядка, то они пересекаются еще по одной кривой второго порядка.

Рассмотрим пересечение сферы с поверхностью усеченного наклонного конуса, имеющей круговое основание *p*, расположенное на данной сфере (рис. 2.45). Эти поверхности содержат общую окружность *p*. Линия их пересечения распадается на две окружности: данную окружность *p* и вторую окружность *g*, так как любая плоская кривая на сфере является окружностью. Окружность *g* найти легко, поскольку общая плоскость симметрии поверхностей — плоскость α — параллельна Π_2, поэтому искомая окружность изобразится на этой плоскости отрезком прямой g_2, определяемым точками C_2 и D_2. По фронтальной проекции g_2 окружности *g*, принадлежащей поверхности сферы, достраиваем горизонтальную проекция g_1.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

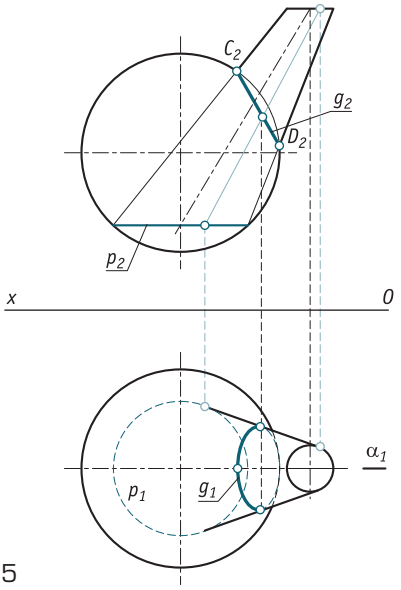


Рис. 2.45

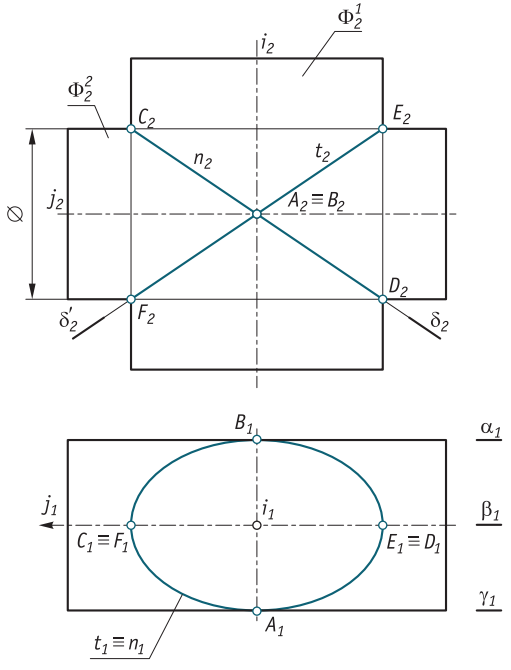


Рис. 2.46

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

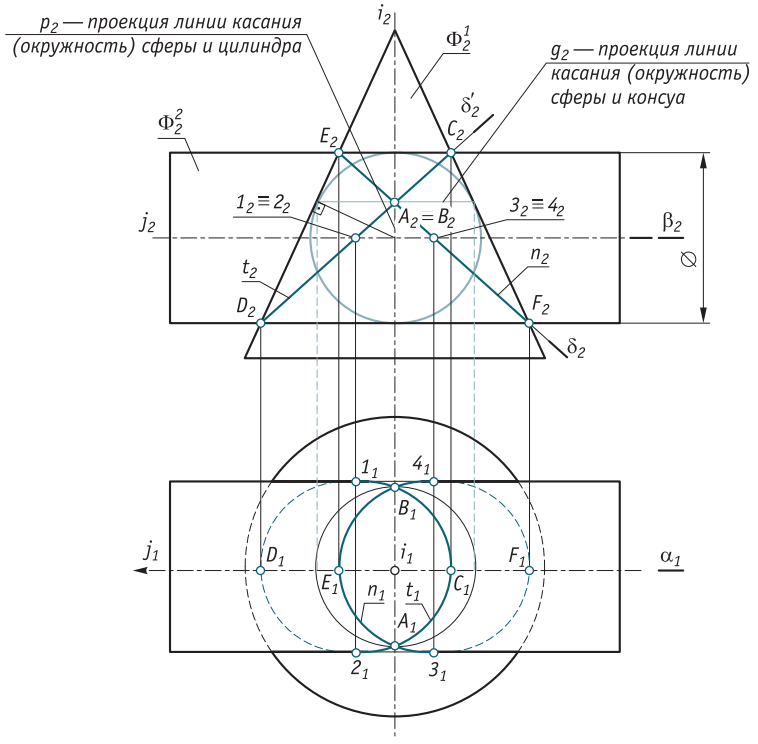


Рис. 2.47

Теорема 2.2 (о двойном касании). Если две поверхности второго порядка имеют касание в двух точках, то линия их пересечения распадается на две кривые второго порядка, плоскости которых проходят через прямую, соединяющую точки касания.

На рис. 2.46 приведено изображение пересечения поверхностей цилиндра вращения и эллиптического цилиндра, касающихся в точках A и B. В этих точках поверхности имеют общие касательные плоскости α и β, а общая плоскость симметрии γ параллельна Π_2. Линия пересечения данных поверхностей распадается на две кривые второго порядка: эллипсы t и n, проходящие через точки A и B касания поверхностей. Их проекции на Π_2 — отрезки прямых n_2 и t_2, определяемые точками C_2, D_2 и E_2, F_2 пересечения очерковых образующих поверхностей, лежащих в плоскости γ. Горизонтальные проекции $t_1 \equiv n_1$ эллипсов t и n совпадают с горизонтальной проекцией эллиптического цилиндра.

Теорема 2.3 (теорема Г. Монжа). Если две поверхности второго порядка описаны около третьей поверхности второго порядка (или вписаны в нее), то линия их пересечения распадается на две кривые второго порядка. Плоскости этих кривых проходят через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания исходных поверхностей с третьей поверхностью.

На рис. 2.47 показано пересечение поверхностей вращения конуса и цилиндра, описанных около сферы, изображенной на чертеже только на Π_2. Линиями касания поверхностей конуса и цилиндра со сферой являются окружности p и g, пересекающиеся в точках A_2 и B_2 — фронтальных проекциях точек A и B пересечения линий касания p и g. Линия пересечения поверхностей распадается на эллипсы t и n, проецирующиеся на Π_2 в отрезки t_2 и n_2, определяемые точками C_2, D_2 и E_2, F_2 пересечения фронтальных очерков поверхностей. На Π_1 эллипсы t и n проецируются в эллипсы t_1 и n_1.

Видимыми на Π_1 являются дуги эллипсов, находящиеся выше плоскости β (β_2), проходящей через ось цилиндра. Точки видимости *1*, *2* и *3*, *4*, горизонтальные проекции которых являются точками касания эллипсов t_1, n_1 и горизонтальных очерковых образующих цилиндра, делят эллипсы t_1 и n_1 на видимые и невидимые части.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое изображение называют обратимым и как его строят?
2. Что такое чертеж Монжа и как задают на нем точку, прямую, плоскость и многогранник?
3. Что такое аксонометрический чертеж и как он образуется?
4. В каком случае аксонометрические проекции называются изометрическими, диметрическими и триметрическими?
5. Какие задачи называются позиционными? Приведите примеры.
6. Для чего нужен способ преобразования проекций?
7. В чем сущность способа замены плоскостей проекций?
8. Что такое поверхность вращения, как она образуется и как задается на чертеже?
9. В чем суть каркасного способа решения позиционных задач на поверхности?
10. Какие поверхности-посредники используют для построения линии пересечения поверхностей двух геометрических тел?
11. При каких условиях линия пересечения двух поверхностей второго порядка распадается на две кривые второго порядка?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ЧАСТЬ II

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава 3. Изображение — виды, разрезы, сечения
Глава 4. Виды конструкторских документов
Глава 5. Изображение и обозначение резьб
Глава 6. Виды соединений
Глава 7. Чертежи деталей
Глава 8. Чертежи сборочных единиц
Глава 9. Схемы

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 3

ИЗОБРАЖЕНИЯ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В соответствии с ГОСТ 2.305—2008 «Изображения — виды, разрезы, сечения» изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования на шесть граней пустотелого куба (рис. 3.1). При этом предмет располагают между наблюдателем и соответствующей гранью куба — плоскостью проекций. Шесть граней куба принимают за основные плоскости

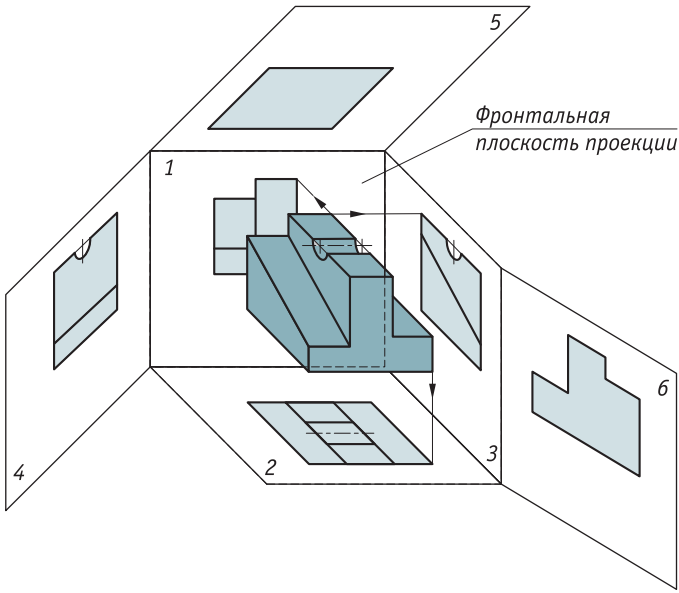


Рис. 3.1

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

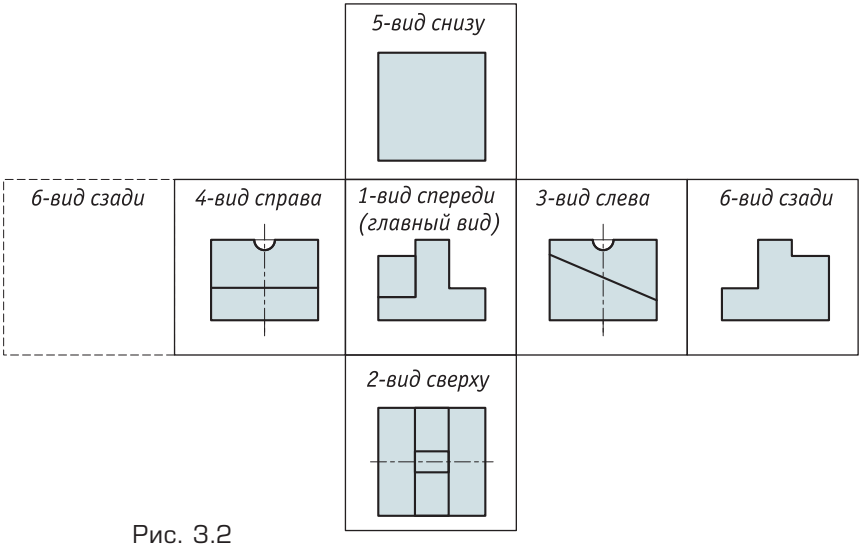


Рис. 3.2

проекций: две фронтальные (первая и шестая грани); две горизонтальные (вторая и пятая грани) и две профильные (третья и четвертая грани).

Основные плоскости проекций совмещают в одну плоскость вместе с полученными на них изображениями так, как показано на рис. 3.2. Полученную систему расположения изображений называют европейской и обозначают буквой Е. В США, Великобритании и других странах на чертеже применяют иное расположение проекций. Считая прозрачными грани куба (плоскости проекций), их располагают между наблюдателем и изображаемым предметом. После совмещения граней куба с плоскостью чертежа получают отличное от европейской системы расположение проекций. Например, вид сверху располагают над главным видом, вид слева — слева от главного вида. Такая система расположения проекций называется американской и обозначается буквой А.

Изображение на фронтальной плоскости проекций в европейской системе принимается на чертеже в качестве главного. При этом предмет следует располагать относительно этой плоскости так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление как о форме, так и о размерах предмета, при наиболее полном использовании поля чертежа.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания подразделяются на виды, разрезы и сечения (рис. 3.3).

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

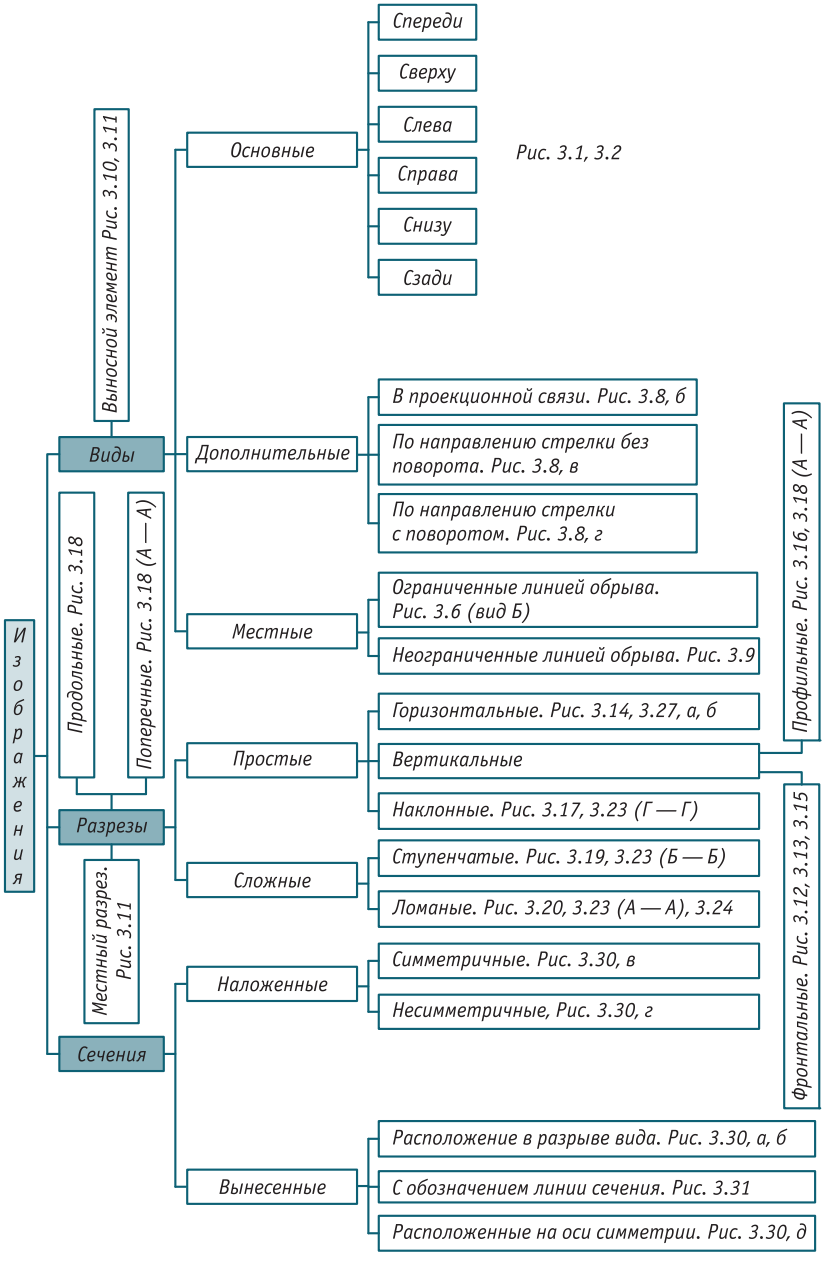

Изображения
Виды
Выносной элемент Рис. 3.10, 3.11
Основные
Спереди
Сверху
Слева
Справа
Снизу
Сзади
Рис. 3.1, 3.2
Дополнительные
В проекционной связи. Рис. 3.8, б
По направлению стрелки без поворота. Рис. 3.8, в
По направлению стрелки с поворотом. Рис. 3.8, г
Местные
Ограниченные линией обрыва. Рис. 3.6 (вид Б)
Неограниченные линией обрыва. Рис. 3.9
Разрезы
Продольные. Рис. 3.18
Поперечные. Рис. 3.18 (А — А)
Местный разрез. Рис. 3.11
Простые
Горизонтальные. Рис. 3.14, 3.27, а, б
Вертикальные
Наклонные. Рис. 3.17, 3.23 (Г — Г)
Профильные. Рис. 3.16, 3.18 (А — А)
Фронтальные. Рис. 3.12, 3.13, 3.15
Сложные
Ступенчатые. Рис. 3.19, 3.23 (Б — Б)
Ломаные. Рис. 3.20, 3.23 (А — А), 3.24
Сечения
Наложенные
Симметричные. Рис. 3.30, в
Несимметричные, Рис. 3.30, г
Вынесенные
Расположение в разрыве вида. Рис. 3.30, а, б
С обозначением линии сечения. Рис. 3.31
Расположенные на оси симметрии. Рис. 3.30, д

Рис. 3.3

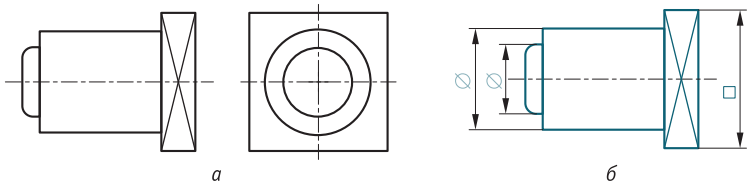
3.2. ВИДЫ

В машиностроительном черчении изображение предметов в ортогональных проекциях называется видами.

Основные виды. *Вид* — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. ГОСТ 2.305—2008 устанавливает названия основных видов (см. рис. 3.2).

Количество изображений на чертеже должно быть наименьшим и в то же время достаточным для получения наиболее полного представления об изображаемом предмете. Для уменьшения количества изображений допускается показывать на видах штриховыми линиями невидимые контуры предмета. Сокращения количества изображений на чертеже можно достичь, применяя условные обозначения, знаки и подписи, установленные стандартом. Например, чертеж детали, изображенной в двух проекциях (рис. 3.4, *а*), может быть заменен, используя условный знак диаметра ∅ и знак квадрата □, одним изображением (рис. 3.4, *б*). Для уменьшения количества изображений сферы на чертеже допускается к одному ее изображению добавить слово «Сфера» или знак «O» (пустой кружок). Диаметр знака сферы должен быть равен размеру размерных чисел (рис. 3.5).

На машиностроительных чертежах не проводят оси проекций и линии проекционной связи, а для соблюдения проекционной связи между отдельными видами используют центровые линии и оси симметрии. Название видов на чертежах не подписывают, если они расположены в проекционной связи (см. рис. 3.2). Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной связи с главным изображением (видом спереди или разрезом), расположенным на фронтальной плоскости проекций, то направление проецирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над получен-



а *б*

Рис. 3.4

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

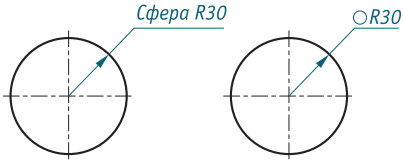


Рис. 3.5

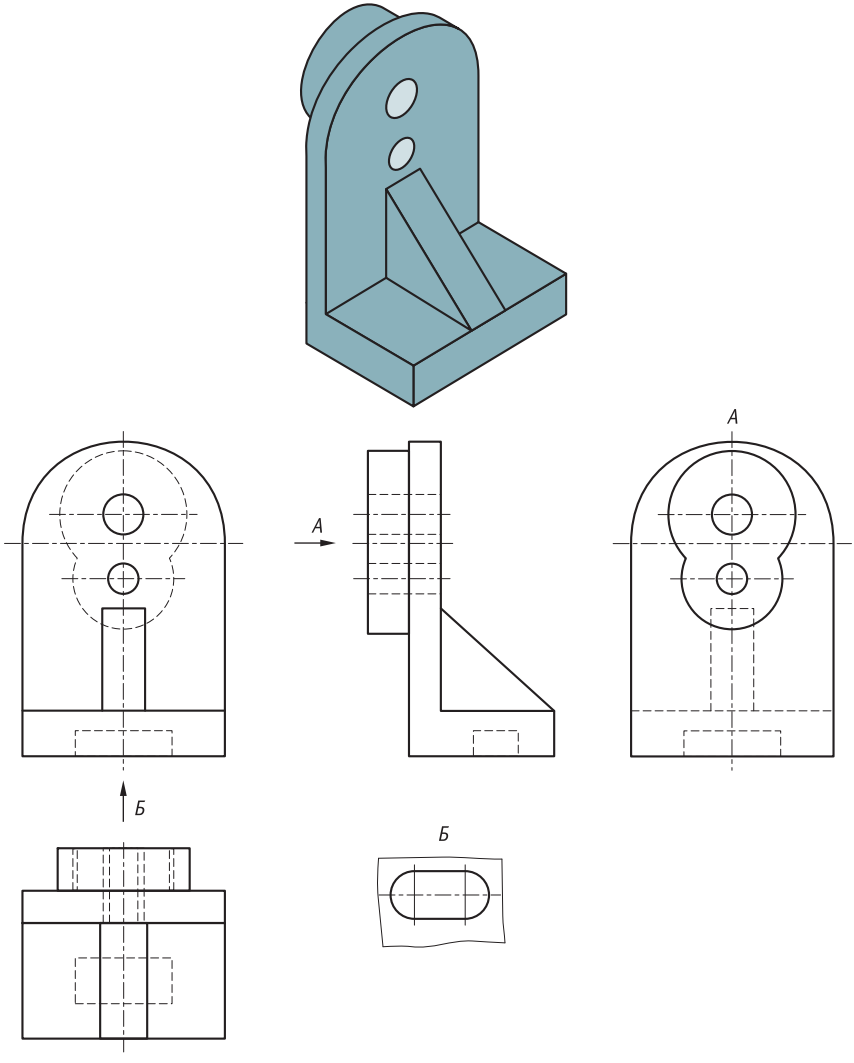


Рис. 3.6

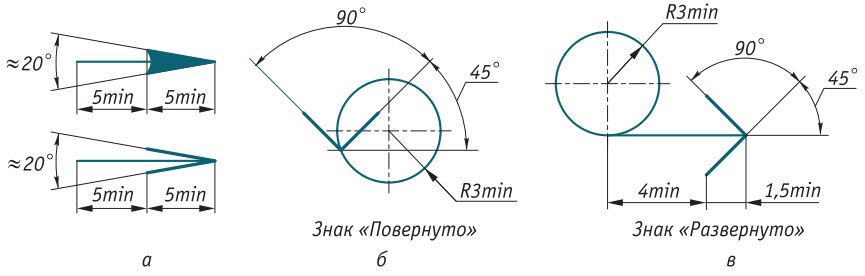


Рис. 3.7

ным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (рис. 3.6).

Дополнительные виды. Если какая-либо часть предмета не может быть показана на плоскостях проекций без искажения ее форм и размеров, то для ее изображения на чертеже строят дополнительные виды. Для получения дополнительного вида направление проецирования (взгляда) указывают стрелкой соответствующего размера (рис. 3.7). Над стрелкой и над связанным с изображением дополнительным видом наносят ту же прописную букву. Например, стойка (рис. 3.8, *а*) имеет наклонную верхнюю площадку. Площадка спроецируется на вид сверху с искажением. Для получения ее действительных размеров построен дополнительный вид, на котором наклонная площадка спроецирована на параллельную ей плоскость проекций.

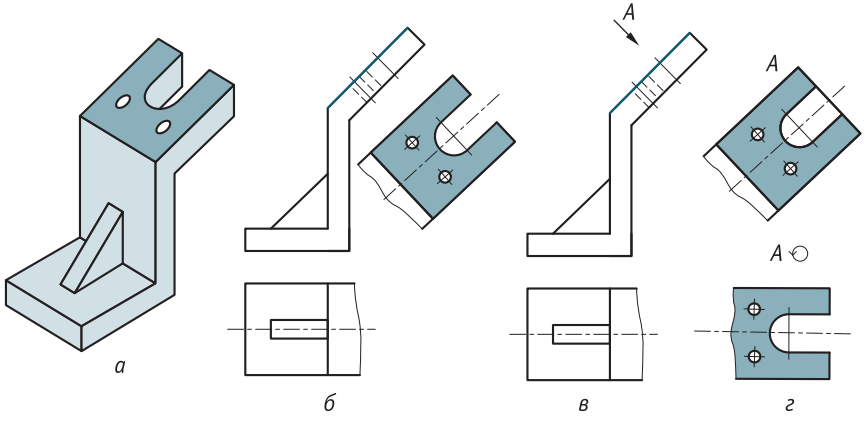


Рис. 3.8

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

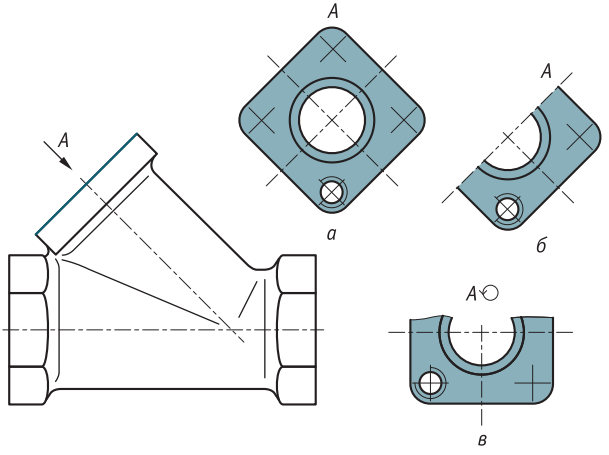


Рис. 3.9

Дополнительный вид (рис. 3.8, *б*) построен с обрывом части изделия, которая на основных видах проецируется без искажения. Стрелку и буквенное изображение над видом не наносят, так как дополнительный вид расположен в проекционной связи с соответствующим изображением. Дополнительный вид (рис. 3.8, *в*) вынесен на свободное поле чертежа, поэтому необходимо над стрелкой и над изображением нанести ту же прописную букву. Для удобства прочтения чертежа дополнительный вид можно повернуть, расположив ось симметрии горизонтально (рис. 3.8, *г*) или вертикально. В этом случае рядом с прописной буквой надо

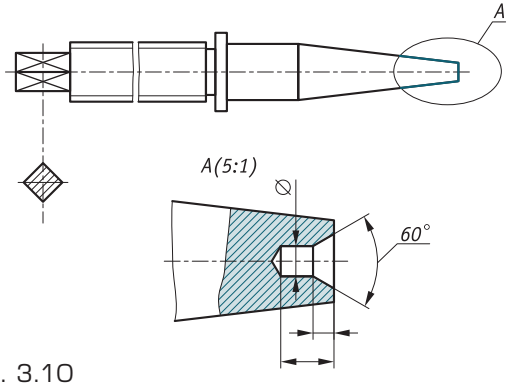


Рис. 3.10

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

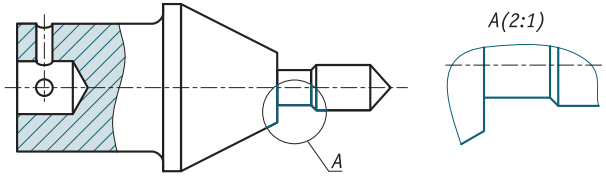


Рис. 3.11

добавить условное графическое обозначение знака «повернуто» (рис. 3.7, *б*), при необходимости можно указывать и угол поворота (например, *А* ⟲ 50°).

Местные виды. Изображение отдельного ограниченного места поверхности предмета называется *местным видом*. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, например вид *Б* (см. рис. 3.6), или не ограничен, например вид *А* (рис. 3.9, *а*). Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду. В случае когда местный вид имеет ось симметрии (см. рис. 3.9, *а*), допускается изображать половину вида (рис. 3.9, *б*) или изображать вид с обрывом (рис. 3.9, *в*). В первом случае границей изображения будет центровая линия — ось симметрии, а во втором — линия обрыва.

Выносной элемент. Увеличенное дополнительное изображение части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных, называется *выносным элементом*. Он может содержать подробности, не указанные на изображении, и может отличаться от него по содержанию. Изображение может быть видом (рис. 3.10), а выносной элемент — разрезом. При выполнении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной линией — окружностью или овалом — с обозначением выносного элемента прописной буквой или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывают обозначение (например, *А*) и в скобках масштаб, в котором выполнен выносной элемент (рис. 3.11).

3.3. РАЗРЕЗЫ

Показ невидимого контура с помощью штриховых линий не может в большинстве случаев достаточно полно выявить все под-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

робности изображаемого предмета, а проведение штриховых линий в большом количестве усложняет и затемняет чертеж. Для показа внутренних очертаний и формы той или иной части изображаемого предмета следует применять разрезы и сечения.

3.3.1. Классификация разрезов

Разрез — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. Согласно ГОСТ 2.305—2008 «Изображение — виды, разрезы, сечения» каждому разрезу должна соответствовать определенная секущая плоскость (одна или несколько). Условно назовем такую плоскость «плоскость *А*». Для получения разреза часть предмета, которая находится между наблюдателем и секущей плоскостью *А*, мысленно удаляется (рис. 3.12, *а*, *б*), а на плоскости проекций изображается то, что получается в секущей плоскости (рис. 3.12, *в*) и что находится за ней. Часть детали, которая принадлежит секущей плоскости *А*, должна быть заштрихована (см. рис. 3.12, *б*, *в*). Разрез не влечет изменение других изображений предмета. При разрезе допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если

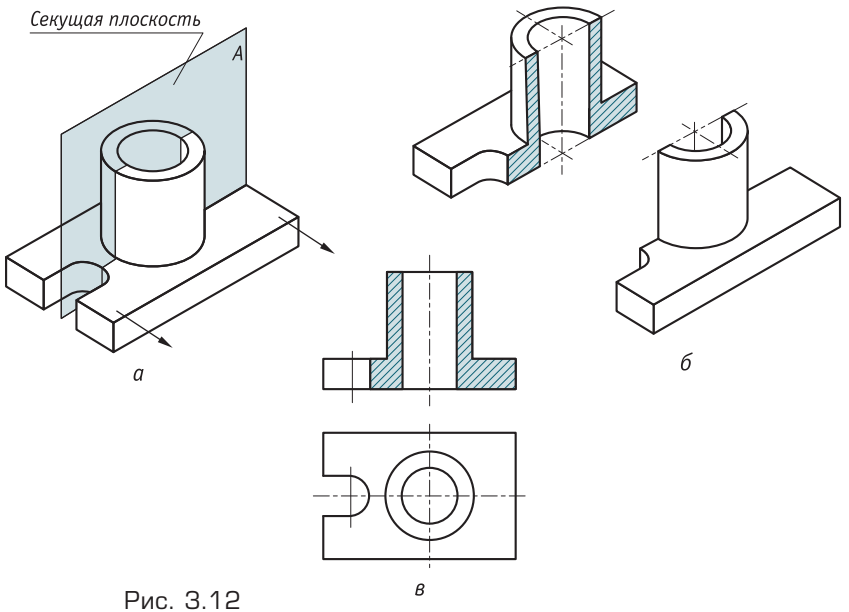


Рис. 3.12

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

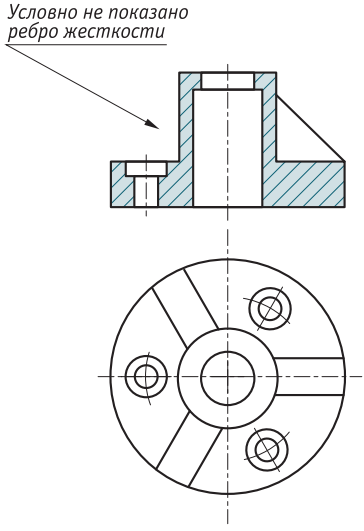


Рис. 3.13

это не потребуется для понимания конструкции предмета (рис. 3.13).

ГОСТ 2.305—2008 предусматривает деление разрезов (см. рис. 3.3) в зависимости от направления секущих плоскостей; количества секущих плоскостей. Разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций подразделяются на горизонтальные — секущая плоскость *А* параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 3.14);

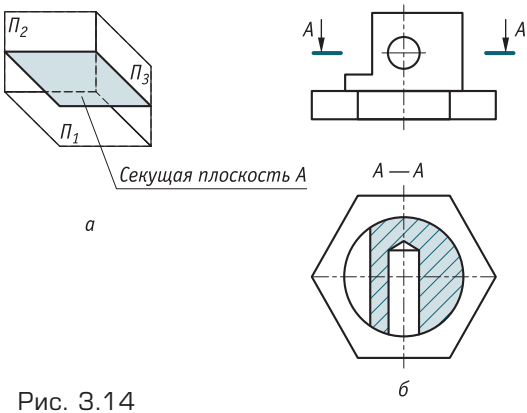


Рис. 3.14

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

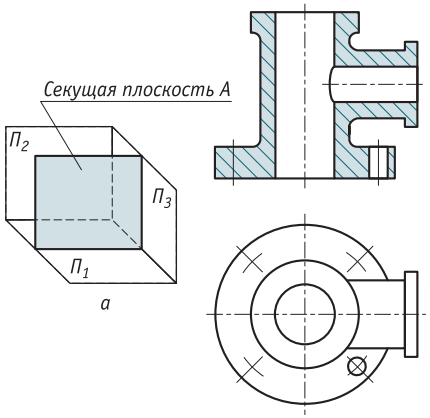


Рис. 3.15

вертикальные — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Последние подразделяются, в свою очередь, на фронтальные — секущая плоскость *А* параллельна фронтальной плоскости проекций (рис. 3.15, *а*, *б*); профильные — секущая плоскость *А* параллельна профильной плоскости проекций (рис. 3.16, *а*, *б*); наклонные — секущая плоскость *А* составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (рис. 3.17).

Разрезы бывают продольными — секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (фронтальный разрез на рис. 3.18); поперечными — секущие плоскости направлены перпендикулярно длине и высоте предмета, например разрез *А*—*А* (см. рис. 3.18).

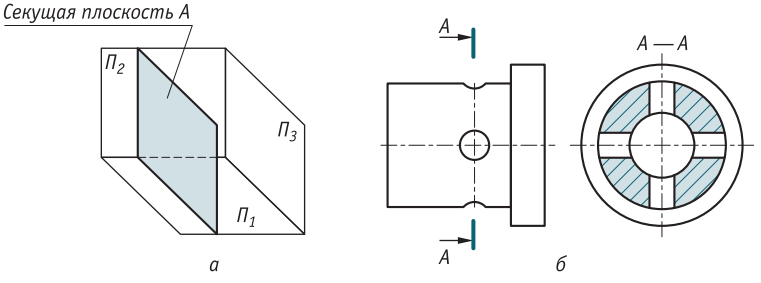


Рис. 3.16

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

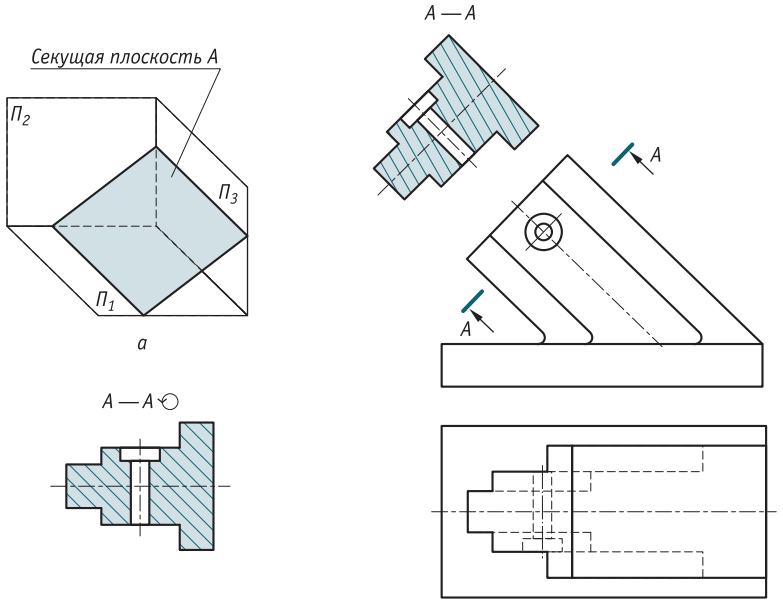


Рис. 3.17

Разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей подразделяются на простые — при одной секущей плоскости (см. рис. 3.12...3.17); сложные — при нескольких секущих плоскостях. Сложные разрезы бывают ступенчатыми, если секущие плоскости параллельны (рис. 3.19), и ломаными, если секущие плоскости пересекаются (рис. 3.20).

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется *местным разрезом*.

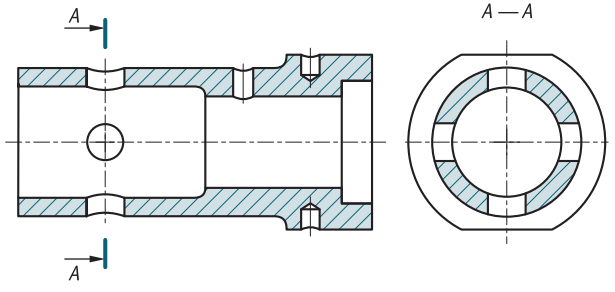


Рис. 3.18

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

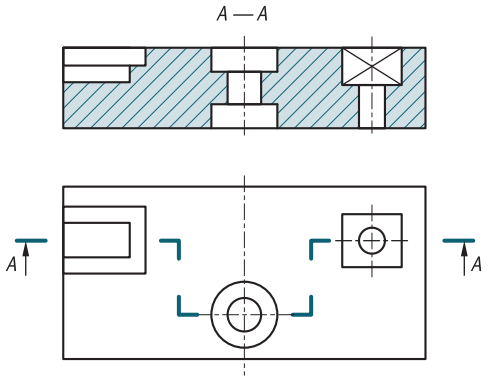


Рис. 3.19

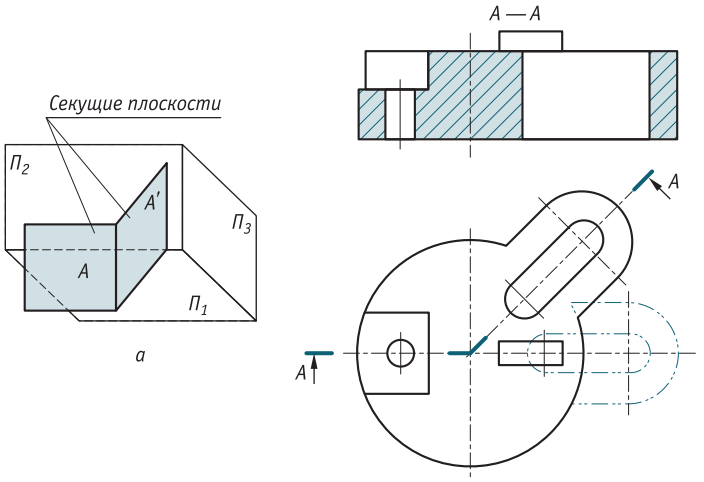


Рис. 3.20

Такой разрез выделяют на виде сплошной тонкой линией, которая не должна совпадать с другими линиями. При выполнении разрезов внутренние линии контура, изображенного на чертеже штриховыми линиями, становятся видимыми и изображаются сплошными основными линиями (см. рис. 3.11). На всех приведенных примерах и далее условно принимаем, что изображенные предметы — металлические и для графического обозначения материала в сечениях детали в соответствии с ГОСТ 2.306—68 делают штриховку тонкими параллельными линиями с правым или левым наклоном под углом 45° к линии рамки чертежа.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

3.3.2. Расположение и обозначение разрезов

Если секущая плоскость *А* совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, то для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не отмечают положение секущей плоскости *А* и разрез надписью не сопровождают (см. рис. 3.12, 3.13, 3.15). В остальных случаях положение секущей плоскости на чертеже указывают разомкнутой линией — линией сечения — и стрелками, показывая направление взгляда.

Стрелки должны на 2...3 мм отстоять от наружного конца штриха и быть ему перпендикулярными (рис. 3.21). Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения. У начала и конца линии сечения подписывается прописная буква русского алфавита. Буквы пишутся около стрелок со стороны внешнего угла, образованного стрелкой и разомкнутой линией. Разрез отмечают надписью по типу *А—А*. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть приблизительно в два раза больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже. Буквы для обозначения разрезов следует брать в алфавитном порядке и не допускать их повторения на чертеже. В случаях, подобных указанным на рис. 3.22, стрелки, указывающие направление взгляда, наносятся на одной линии.

При ступенчатых и ломаных разрезах следы секущих плоскостей показывают разомкнутой линией, добавляя штрихи у линий перегибов сечения. При выполнении таких разрезов условно не показывается переход от одной секущей плоскости к другой (см. рис. 3.18, 3.19, 3.20, а также рис. 3.23, 3.24). Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы, как правило, располагаются на месте соответствующих видов (см. рис. 3.12...3.15).

Вертикальные и наклонные разрезы, если секущая плоскость *А* (см. рис. 3.17, *а*) не параллельна фронтальной и профильной плос-

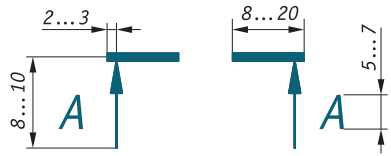


Рис. 3.21

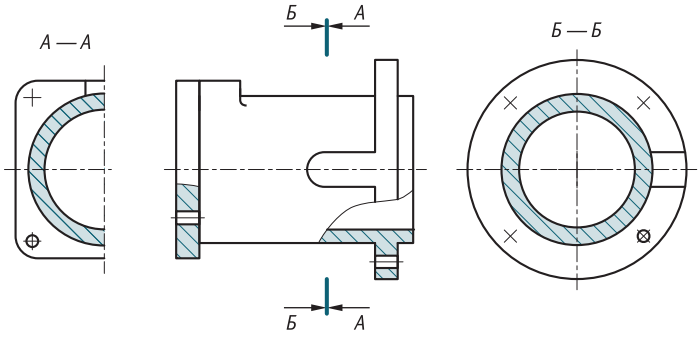


Рис. 3.22

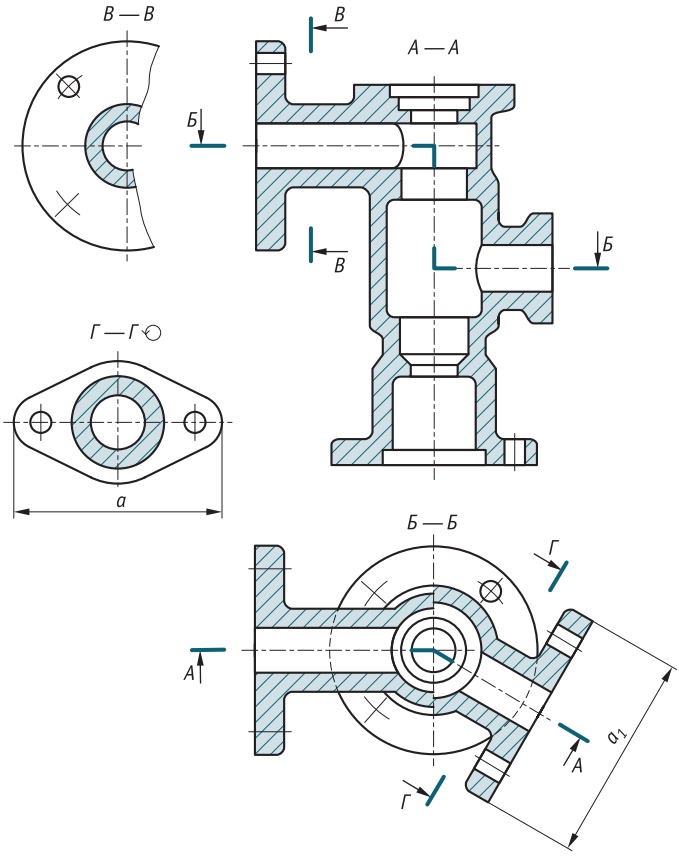


Рис. 3.23

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

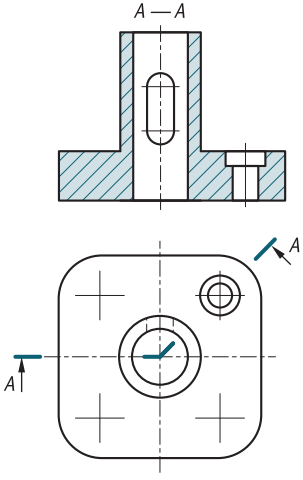


Рис. 3.24

костям проекций, выполняются и располагаются в соответствии с направлением взгляда, указанным стрелками на линии сечения (см. рис. 3.17, *б*, 3.23). Эти разрезы допускается изображать в любом месте чертежа, а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи добавляют условное графическое изображение ⟲ (см. разрез *А*—*А* на рис. 3.17, *в* и разрез *Г*—*Г* на рис. 3.23).

При ломаных разрезах (см. рис. 3.24) секущие плоскости условно повертывают до совмещения в одну плоскость. При этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда. Если совмещенные плоскости окажутся параллельны одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида, например разрезы *А*—*А* (см. рис. 3.19, 3.24). При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на плоскость, с которой производится совмещение. Допускается соединять части вида и разреза.

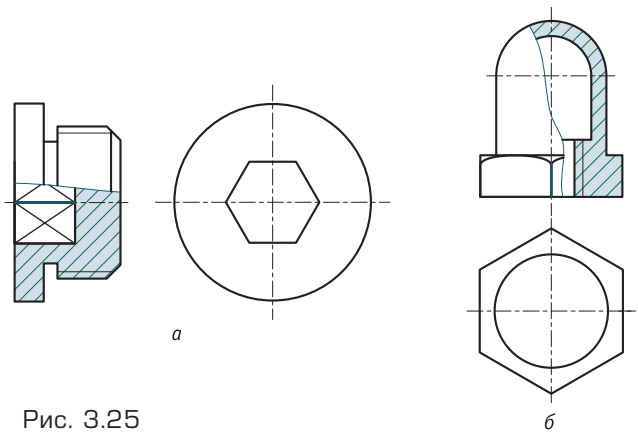


Рис. 3.25

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

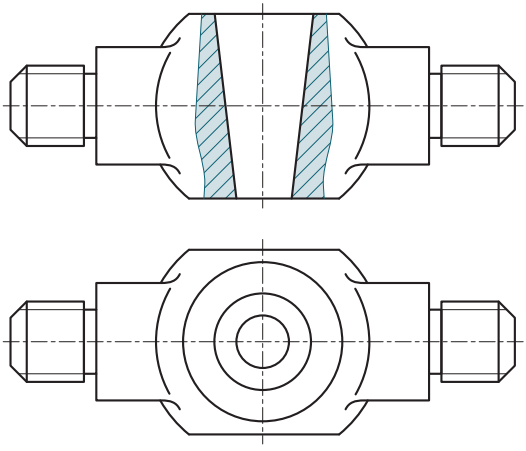


Рис. 3.26

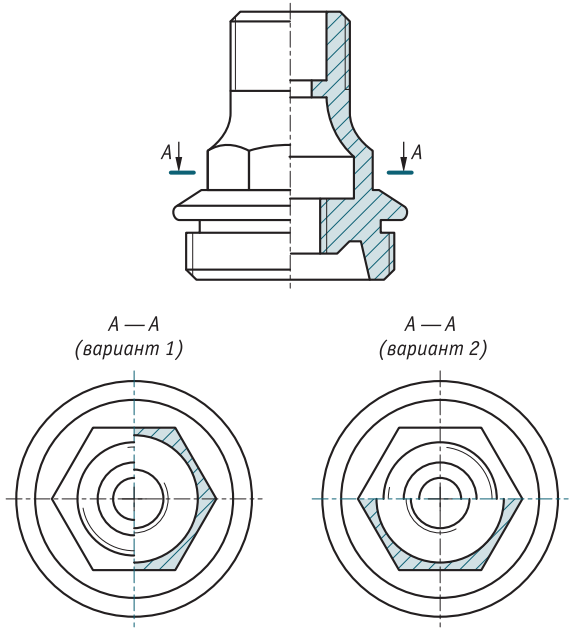


Рис. 3.27

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

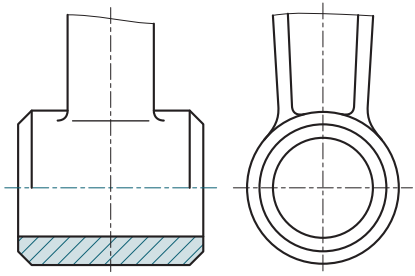


Рис. 3.28

Разделительной линией могут быть:

- сплошная волнистая линия — при соединении симметричных частей вида и разреза, если с осью симметрии совпадает проекция какой-либо линии, например ребра. Волнистую разделительную линию проводят ниже или выше ребра (рис. 3.25, *а*), правее или левее ребра (рис. 3.25, *б*) для уточнения формы отверстия, сохраняя наружные формы изделия (рис. 3.26), при выполнении местных разрезов (см. рис. 3.10, 3.11);
- ось симметрии детали, если соединяют половину вида и половину разреза, каждая из которых является симметричной фигурой. Часть разреза располагают справа (рис. 3.27, вариант 1) или снизу (рис. 3.27, вариант 2) от оси симметрии;
- штрихпунктирная тонкая линия, если она совпадает со следом плоскости симметрии не всего предмета, а его части, если она представляет собой тело вращения (рис. 3.28).

3.4. СЕЧЕНИЯ

Сечение — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета плоскостью. Например, форму отверстия, расположенного в средней части кронштейна, можно выявить, выполнив профильный разрез (рис. 3.29), но элементы, расположенные за секущей плоскостью, не дают дополнительной информации о форме детали. Поэтому, выполняя чертеж детали, целесообразно построить сечение (см. рис. 3.29). Разрез и сече-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ние, выполненные одной секущей плоскостью, имеют отличие: на сечении показывается то, что расположено в секущей плоскости. По характеру изображения на чертеже (ГОСТ 2.305—2008) сечения подразделяются на наложенные и вынесенные, а по форме — на симметричные и несимметричные. Предпочтение отдается вынесенным сечениям.

Вынесенные сечения располагают в разрыве изображения предмета (рис. 3.30, *а*, *б*) или на свободном поле чертежа (рис. 3.30, *д*, 3.31). Контуры таких сечений выполняют сплошными толстыми линиями. Если фигура сечения симметрична, то положение секущей плоскости не указывают как для вынесенных, расположенных в разрыве (см. рис. 3.30, *а*) или расположенных на продолжении следа секущей плоскости (см. рис. 3.30, *д*), так и для наложенных сечений (рис. 3.30, *в*). Контуры *наложенных сечений* выполняют сплошными тонкими линиями, причем контуры изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (см. рис. 3.30 *в*, *г*).

Для несимметричных сечений положение секущей плоскости указывают линией сечения со стрелками без буквенного обозна-

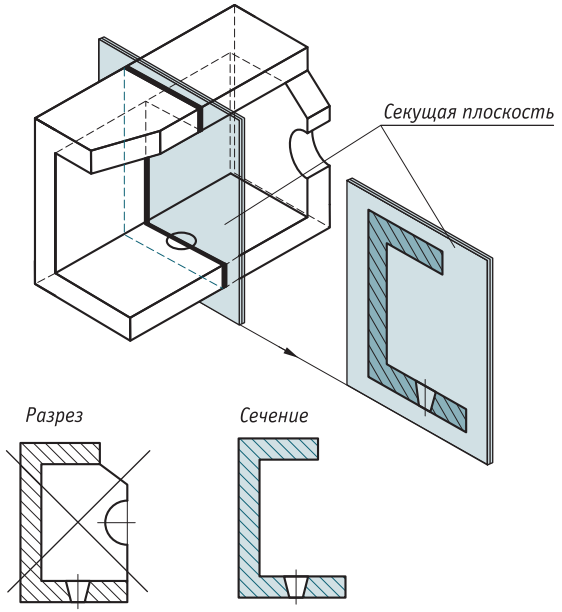


Рис. 3.29

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

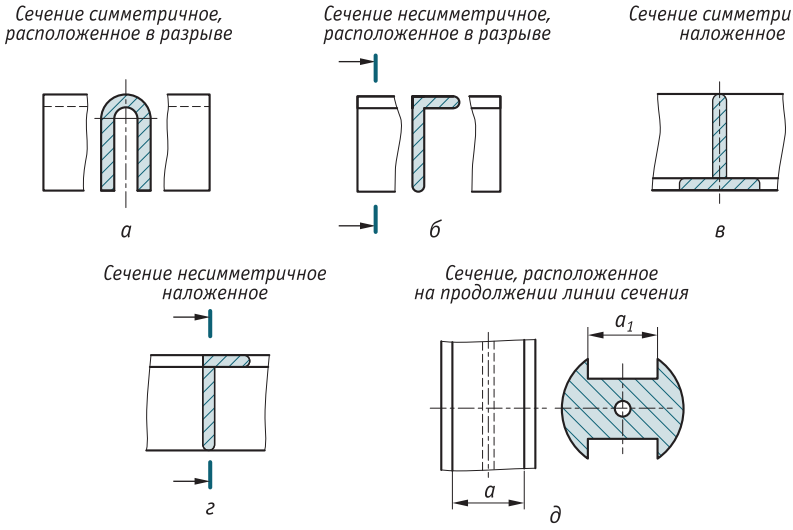


Рис. 3.30

чения для наложенных (см. рис. 3.30, *г*) и вынесенных (см. рис. 3.30, *б*) сечений. В остальных случаях для обозначения линии сечения используют разомкнутую линию сечения с указанием стрелками направления взгляда и обозначают сечение прописными буквами, например *А—А*, по типу разреза (см. рис. 3.31). Допускается располагать сечение на свободном месте поля чертежа

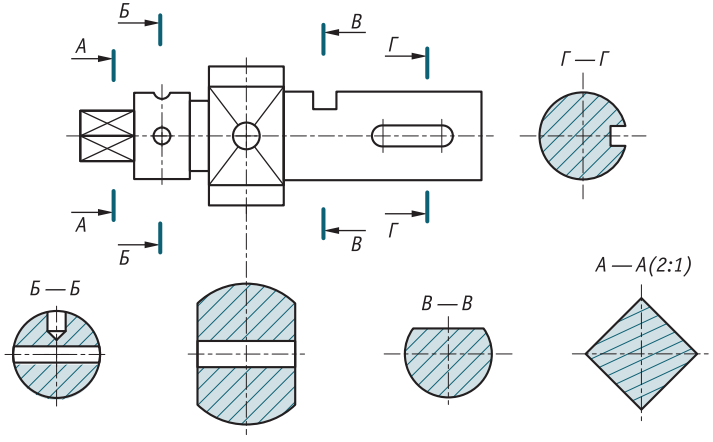


Рис. 3.31

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

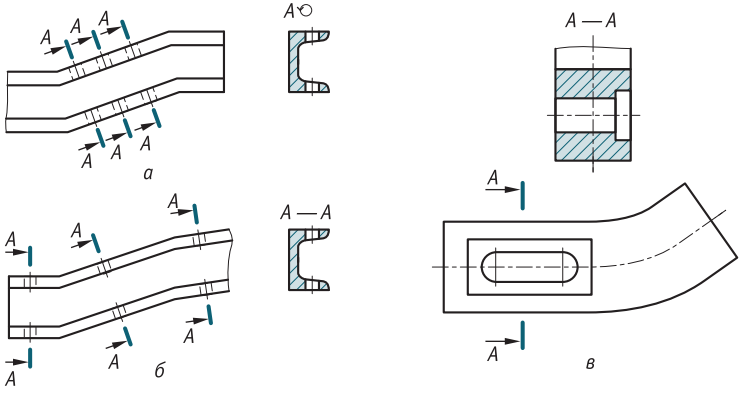


Рис. 3.32

в масштабе, отличном от главного изображения, например сечение *А — А* (см. рис. 3.31), а также с поворотом, с добавлением условного графического изображения ⟲ (рис. 3.32, *а*). Если при этом секущие плоскости направлены под разными углами (рис. 3.32, *б*), то условное графическое обозначение ⟲ не наносят. Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному изделию, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью, например сечение *Б — Б* (см. рис. 3.31). Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных, не соединяемых частей, то применяют раз-

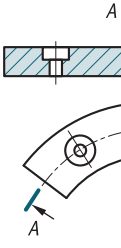


Рис. 3.33

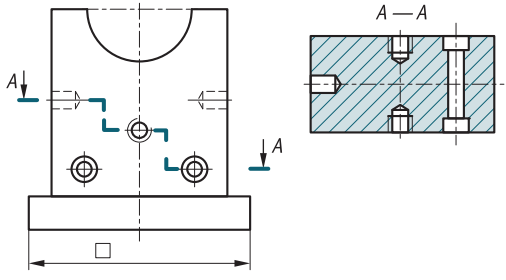


Рис. 3.34

рез (рис. 3.32, *в*). Допускается применять в качестве секущей цилиндрическую поверхность, развертываемую в плоскость (рис. 3.33). Над развернутым сечением выполняют надпись теми же буквами, что и обозначение секущей поверхности, с добавлением знака «Развернуто» (см. рис. 3.7, *в*). На рис. 3.34 показано сечение детали, выполненное несколькими секущими плоскостями.

3.5. УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

Упрощения на чертежах — графический прием, рекомендованный ГОСТ 2.305—2008, который позволяет ускорить процесс выполнения чертежей, не снижая наглядности изображения. Рассмотрим подробно эти условности и упрощения.

1. *Соединение половины вида с половиной разреза* допускается при симметричных изображениях. Разделяющей линией служит осевая линия (см. рис. 3.27) или линия обрыва (см. рис. 3.25). При соединении вида и разреза проекции располагают, как показано на рис. 3.35.

2. *Вычерчивание половины вида* допускается при выполнении вида, разреза или сечения, представляющих собой симметричные фигуры (рис. 3.36, *а*, *б*). Можно вычерчивать половину вида или чуть больше половины, проведя линию обрыва (рис. 3.36, *в*).

3. Для *сокращения количества изображений на чертеже* допускается:

а) часть детали, находящейся между наблюдателем и секущей плоскостью, показывать утолщенной штрихпунктирной линией непосредственно на разрезе, т. е. применять наложенную проекцию (рис. 3.37);

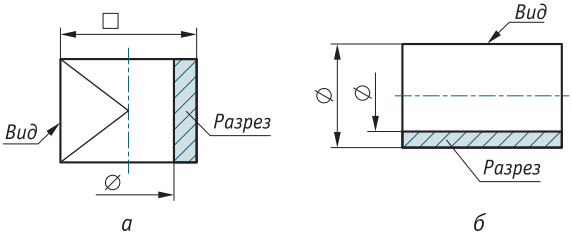


Рис. 3.35

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

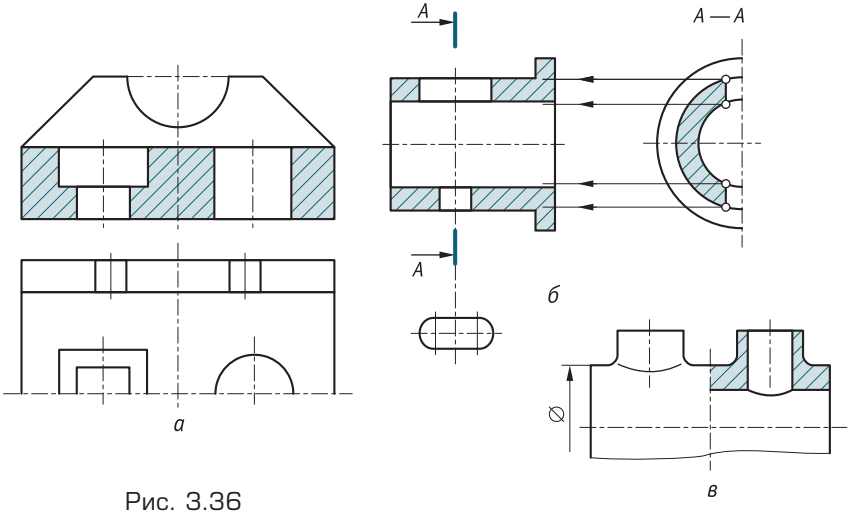


Рис. 3.36

б) для показа отверстия в ступицах зубчатых колес, шкивов и других деталях, а также для показа шпоночных пазов вместо полного изображения детали давать лишь контур отверстия (рис. 3.38) или паза (см. рис. 3.36, *б*);

в) при наличии у детали нескольких одинаково расположенных элементов показывать полностью один-два таких элемента, а остальные элементы показывают упрощенно. Например (рис. 3.39, *а*), одно отверстие изображено на торце конической части дета-

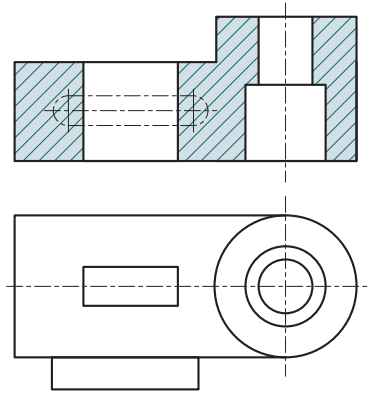


Рис. 3.37

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

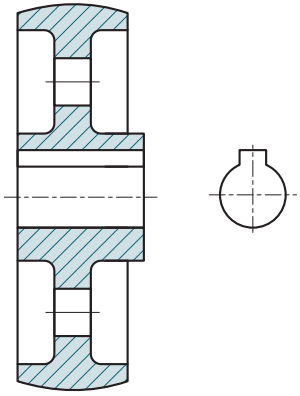


Рис. 3.38

ли, а для остальных отверстий на виде сверху условно показано положение их центров. На чертеже детали (рис. 3.39, *б*) изображено два одинаковых элемента — два зуба, остальные элементы изображены условно;

г) изображать часть предмета с указаниями количества элементов и их расположения. У маховика, имеющего равномерно расположенные по окружности спицы (рис. 3.40, *а*), показывают на двух изображениях спицу и указывают надписью их количество. Если количество спиц нечетное, то выполняют простой разрез при любом расположении секущей плоскости; при этом в разрез вводят две спицы (рис. 3.40, *б*);

д) условно изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглой части детали (фланце, приливе и т. п.), когда они не попадают в секущую плоскость (см. разрез *В*—*В* на рис. 3.23, 3.39).

4. *Упрощения при выполнении изображений*:

а) на видах, разрезах и сечениях допускается изображать упрощенно линии пересечения поверхностей, лекальные кривые заменять дугами и прямыми (см. рис. 3.36, *б*, *в*). Плавный переход

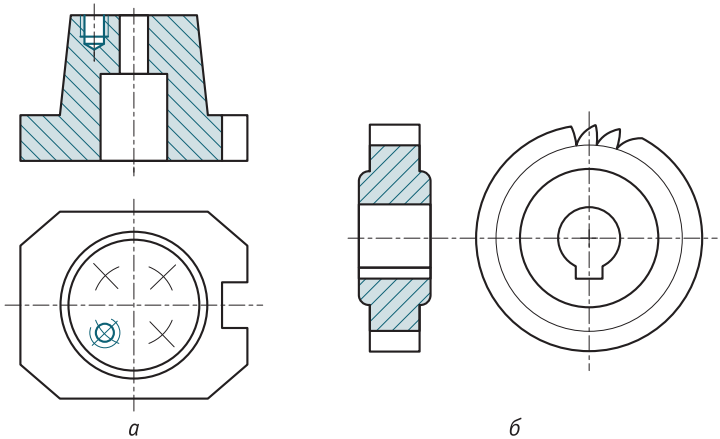


Рис. 3.39

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

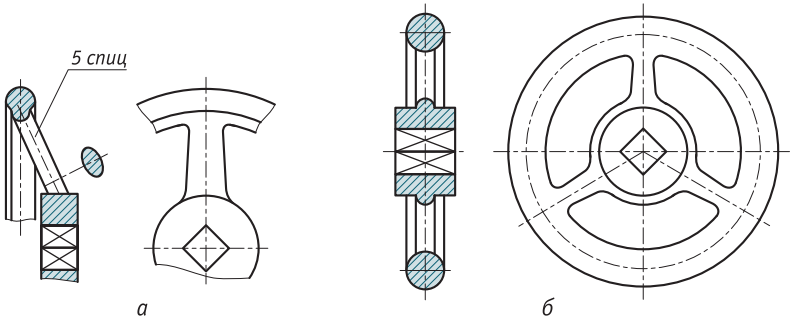


Рис. 3.40

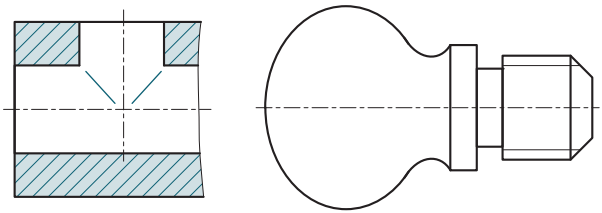


Рис. 3.41

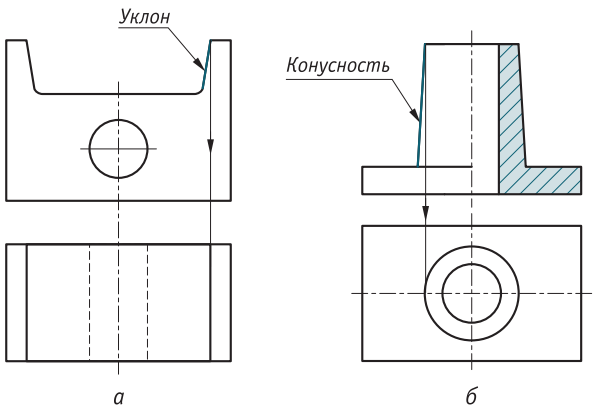


Рис. 3.42

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

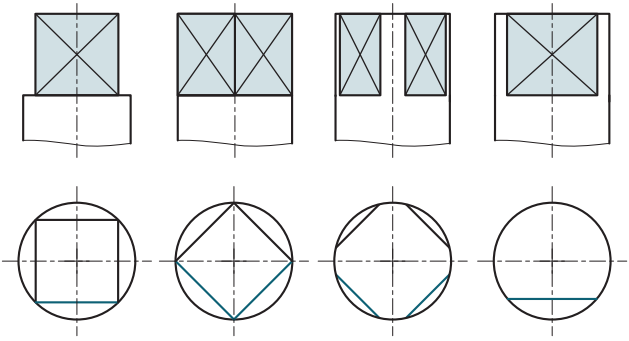


Рис. 3.43

от одной поверхности к другой показывают тонкой линией (рис. 3.41, *а*) или не показывают (рис. 3.41, *б*);

б) допускается незначительные конусность и уклон изображать с увеличением. Если на изображениях уклон и конусность отчетливо не выявляются, то проводят одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном (рис. 3.42, *а*) или меньшему основанию конуса (рис. 3.42, *б*);

в) для выделения на чертеже плоских поверхностей предмета на них проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рис. 3.43);

г) предметы, с постоянно или закономерно изменяющимся поперечным сечением (валы, цепи и т. п.) допускается изображать с разрывом (рис. 3.44);

д) при продольном разрезе показывают нерассеченными винты, шпонки, непустотелые валы, шпиндели, шатуны, шарики. Если в таких элементах имеется сверление, углубление, то делают местный разрез (рис. 3.45, *а*, *б*);

е) спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости показывают незаштрихованными, если се-

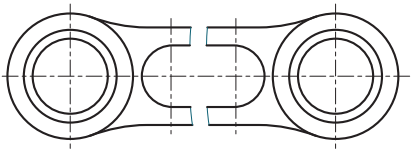


Рис. 3.44

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

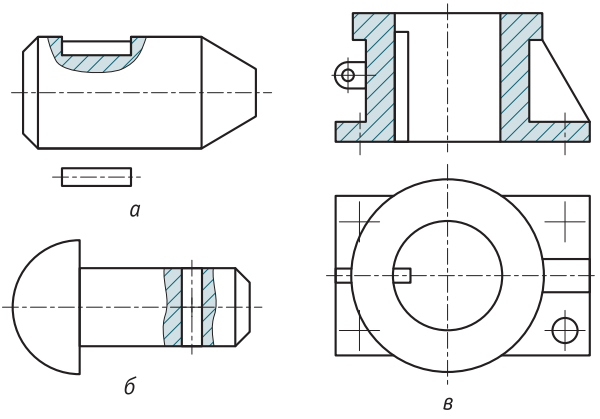


Рис. 3.45

кущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (см. рис. 3.13, 3.45, *в*).

3.6. ГРАФИЧЕСКОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ПРАВИЛА ИХ НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

На изображении предмета в сечениях и на фасадах наносят графическое обозначение материалов (ГОСТ 2.305—2008), зависящее от их вида (табл. 3.1). В соответствии с ГОСТ 2.306—68 допускается применять дополнительные обозначения материалов. Пояснения дают на поле чертежа.

Основные правила нанесения на чертежах графических обозначений материалов (штриховок):

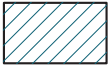
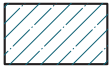
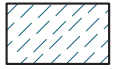
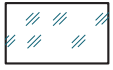
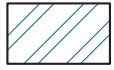
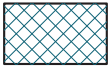
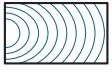
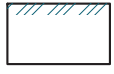
1) для металлов и твердых сплавов, а также для композиционных материалов, содержащих металлы и неметаллы, наклонные линии штриховки наносят под углом 45° к линии контура изображения (рис. 3.46, *а*), или к его оси (рис. 3.46, *б*), или к линиям рамки чертежа (рис. 3.46, *в*);

2) если линии штриховки, проведенные к линиям рамки чертежа под углом 45°, совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30 или 60° (рис. 3.46, *г*);

3) наклон штриховки может быть сделан влево или вправо, но всегда в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 3.1

	Металлы и твердые сплавы, независимо от марки материала		Бетон		Камень естественный
			Стекло и другие светопрозрачные материалы		Керамика и силикатные материалы для кладки
	Неметаллические материалы, в том числе волокнистые, монолитные и пресованные, за исключением указанных далее				Жидкости
			Древесина		Грунт естественный

одной и той же детали, независимо от числа листов, на которых эти сечения расположены;

4) для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линии штриховки для одного сечения вправо, а для другого — влево (рис. 3.46, *g*);

5) расстояние между параллельными линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений детали; выбирается в пределах 1...10 мм, в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить ее в смежных сечениях;

6) при штриховке вклетку для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным;

7) в смежных сечениях со штриховкой одинаковых наклона и направления следует изменить расстояния между линиями штриховки или сдвинуть эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона;

8) узкие и длинные площади сечения (например, штампованных, вальцованных и других подобных деталей), ширина которых на чертеже — от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечений —

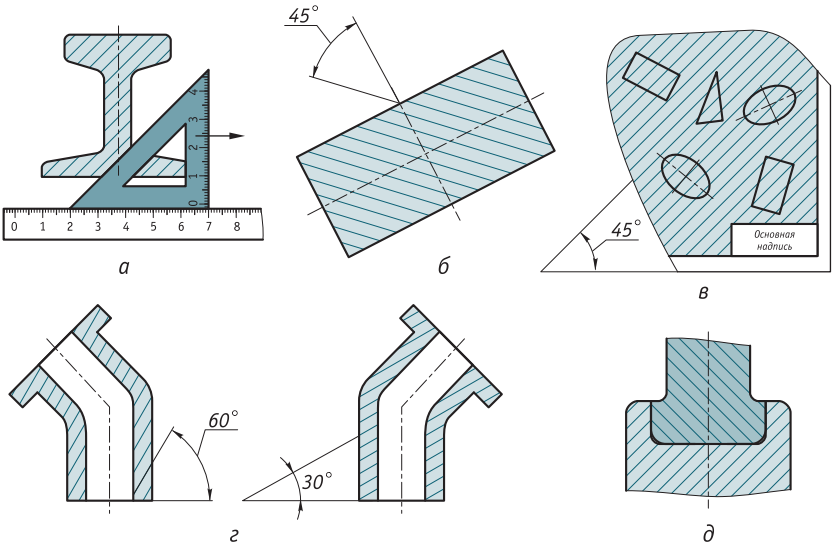


Рис. 3.46

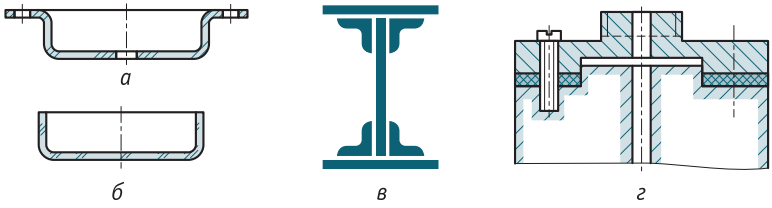


Рис. 3.47

штриховать небольшими участками в нескольких местах (рис. 3.47, *а*). Если деталь выполнена из стекла, то штриховку следует наносить с наклоном 15...20° к линии большей стороны контура сечения (рис. 3.47, *б*). Штриховку в этом случае выполняют от руки;

9) узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм (рис. 3.47, *в*);

10) при большой площади сечения штриховку допускается наносить лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины (рис. 3.47, *г*).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как располагаются виды на чертеже?
2. Как обозначают на чертежах дополнительные виды?
3. Какие разрезы называют сложными?
4. В каких случаях рекомендуется соединять часть вида и часть разреза?
5. Для чего применяют местный разрез?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 4

ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

4.1. ВИДЫ ИЗДЕЛИЙ

ГОСТ 2.101—68 «Виды изделий» устанавливает виды изделий всех отраслей промышленности при выполнении конструкторской документации.

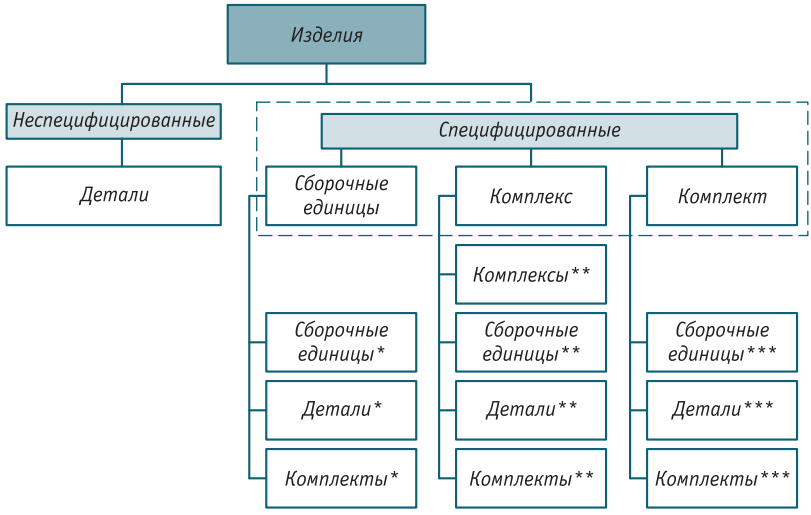
Изделием называют любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии (болт, зубчатое колесо, редуктор, станок и т.д.). Изделия в зависимости от назначения подразделяются на изделия основного и вспомогательного производства.

К изделиям *основного производства* относятся изделия, предназначенные для поставки (реализации) на другом предприятии или в торговой сети. Например, тепловоз — тепловозостроительный завод, вагон — вагоностроительный завод, дисковая фреза — инструментальный завод и т.д. К изделиям *вспомогательного производства* относятся изделия, предназначенные для собственных нужд предприятия (инструменты, штампы, шаблоны и прочие устройства, необходимые для изготовления изделий основного производства).

Виды изделий и их структуру, установленную ГОСТ 2.101—68 можно представить в виде схемы (рис. 4.1), из которой видно, что все изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей подразделяются на специфицированные и неспецифицированные. К *неспецифицированным* относятся изделия, изготовленные без применения сборочных операций из однородного (по наименованию и марке) материалу. Такие изделия называются деталями (вал, штуцер, литой корпус вентиля и т.д.).

Все изделия, кроме деталей, называются *специфицированными*, т.е. состоящими из нескольких составных частей. К ним относятся: *сборочная единица* — изделие, составные части которого под-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



* *Изделия, имеющие общее функциональное назначение.*
** *Изделия, предназначенные для выполнения взаимосвязанных функций, для монтажа комплекса на месте его эксплуатации.*
*** *Изделия, предназначенные для выполнения вспомогательных функций при эксплуатации сборочной единицы или детали.*

Рис. 4.1

лежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клейкой, сваркой, пресовкой и т.д.); *комплекс* — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например отдельный станок поточной линии; *комплект* — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий с общим эксплуатационным назначением вспомогательного характера, например комплект запасных частей, комплект инструмента.

4.2. ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ И СТАДИИ ИХ РАЗРАБОТКИ

Конструкторские документы подразделяются на графические (чертежи, схемы, графики) и текстовые (спецификации, технические условия, различные ведомости и т.д.). Конструкторские до-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

кументы (в отдельности или в совокупности) определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. ГОСТ 2.102—68 в зависимости от содержания документа устанавливает виды и комплектность конструкторских документов, присваивая каждому документу определенный шифр. Приведем некоторые конструкторские документы:

- чертеж детали — содержит изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;
- сборочный чертеж (СБ*) — содержит изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля;
- чертеж общего вида (ВО) — определяет конструкцию изделия, взаимодействия его составных частей и поясняет принцип работы изделия (составляется, как правило, на стадии разработки эскизного и технического проектов);
- габаритный чертеж (ГЧ) — содержит контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами;
- схема — на ней показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними (шифр схемы см. в ГОСТ 2.701—84);
- спецификация — определяет состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. В зависимости от способа выполнения и характера использования конструкторские документы имеют следующие наименования:

  оригинал — выполняется на любом материале и предназначается для изготовления по нему подлинника;

  подлинник — оформляется подлинными установленными подписями и выполняется на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий;

  дубликаты — копии подлинников, обеспечивающие идентичность их воспроизведения, выполненного на любом материале, позволяющем снятие копий;

  копии — выполняются любым способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником или дублика-

* Шифр документа указывают в конце обозначения конструкторского документа. Чертеж детали и спецификация не имеют шифра.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

том, и предназначены для непосредственного использования при разработке конструкторской документации в производстве, при эксплуатации и ремонте изделий.

Документы, предназначенные для разового использования в производстве, допускается выполнять в виде эскизных конструкторских документов.

При определении комплектности конструкторских документов на изделие следует различать:

- основной конструкторский документ — чертеж детали (для деталей), спецификация (для сборочных единиц, комплексов и комплектов);
- основной комплект конструкторских документов изделия — объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию, например сборочный чертеж, различные схемы (кинематические, гидравлические), технические условия и др.;
- полный комплект — основной комплект конструкторских документов на данное изделие и основных комплектов конструкторских документов на все составные части изделия.

Все виды конструкторских документов подразделяются на проектные и рабочие. В зависимости от стадии разработки (ГОСТ 2.103—68) чертежи и другие конструкторские документы обозначаются литерой. Например, при выполнении технического проекта — литерой «Т»; при разработке рабочей конструкторской документации опытного образца — литерой «О»; при разработке эскизного проекта — литерой «Э». Конструкторским документам для индивидуального производства, предназначенным для разового изготовления одного или нескольких изделий, присваивают литеру «И».

4.3. ОСНОВНАЯ НАДПИСЬ

Чертеж как конструкторский документ оформляется рамкой, которая проводится сплошной основной линией на расстоянии 5 мм от правой, нижней и верхней сторон внешней рамки. С левой стороны оставляется поле шириной 20 мм, служащее для подшивки и брошюровки чертежей. В правом нижнем углу формата

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

вплотную к рамке помещается главная часть основной надписи — штамп (рис. 4.2). Форма, размеры и содержание основной надписи для чертежей и других конструкторских документов стандартизованы (ГОСТ 2.104—2006 «Основные надписи»).

Стандартом установлена единая форма основной надписи для чертежей всех отраслей промышленности, а также термины, определения и следующие допустимые сокращения в конструкторской документации:

1) реквизит документа — элемент оформления документа, содержащий сведения о нем;

2) атрибут документа — идентифицированная (именованная) характеристика части реквизита;

3) оформление документа — проставление необходимых реквизитов и атрибутов, установленных правилами документирования;

4) подпись — реквизит документа, представляющий собой собственноручную подпись полномочного должностного лица;

5) ДЭ — электронный конструкторский документ;

6) ЭЦП — электронная цифровая подпись;

7) ЭСИ — электронная структура изделия;

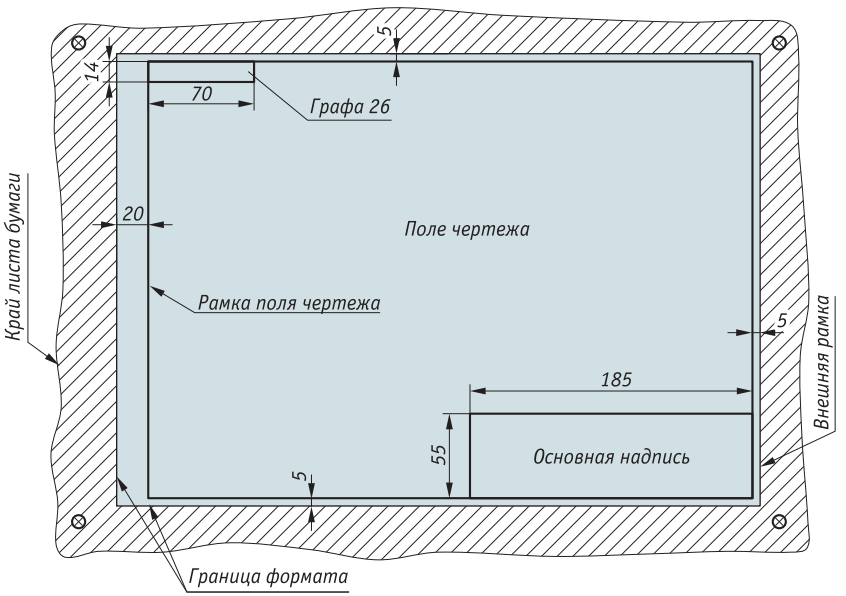


Рис. 4.2

8) ЭВМ — электронная вычислительная машина.

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи, дополнительных граф к ней, а также размеры рамок на чертежах и схемах должны соответствовать форме 1 (рис. 4.3), а в текстовых документах — формам 2 и 2а (рис. 4.4). Номера граф на формах показаны в круглых скобках. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями согласно ГОСТ 2.303—68. Располагают основную надпись в правом нижнем углу конструкторских документов. На листах формата А4 согласно ГОСТ 2.301—68 ос-

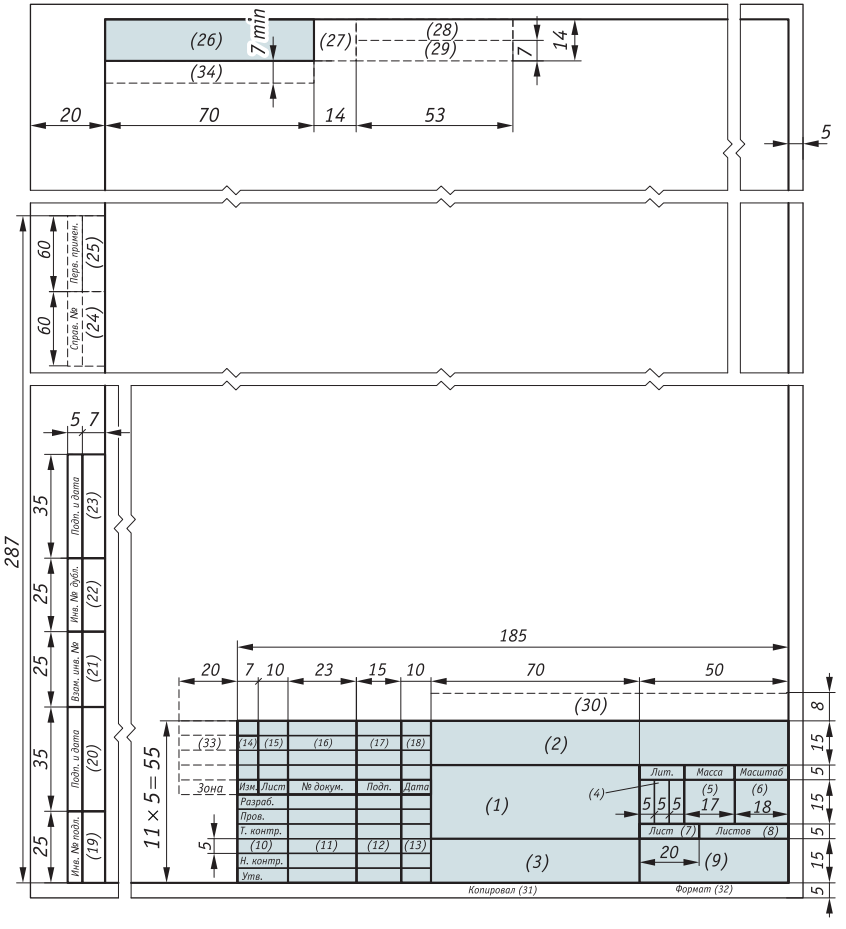


Рис. 4.3

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

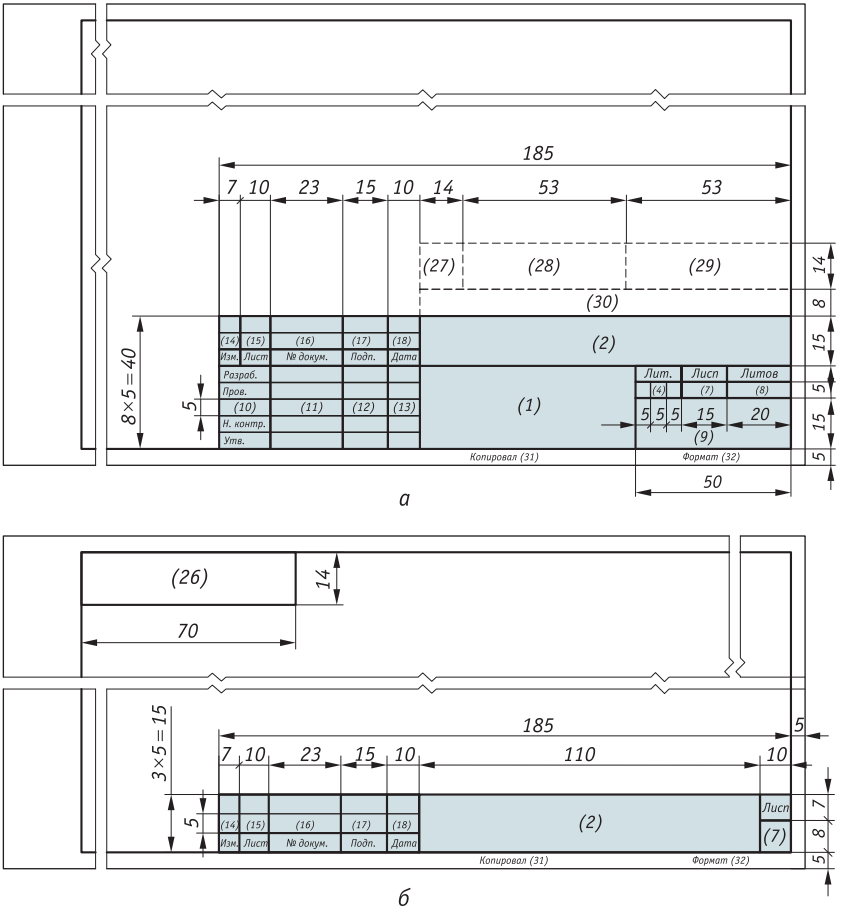


Рис. 4.4

новную надпись располагают вдоль короткой стороны листа. Для быстрого нахождения на чертеже (схеме) составной части изделия или его элемента рекомендуется разбивать поле чертежа (схемы) на зоны. Отметки, разделяющие чертеж на зоны, рекомендуется наносить на расстоянии, равном одной из сторон формата А4 (рис. 4.5). Отметки наносят по горизонтали — арабскими цифрами справа налево; по вертикали — прописными буквами латинского алфавита снизу вверх; зоны обозначаются сочетанием цифр и букв, например: 1А, 2А, 1В, 2В и т.д.

На рис. 4.6 показан пример заполнения основной надписи на учебных чертежах. Кроме того, заполняют графу 26 (см. рис. 4.3).

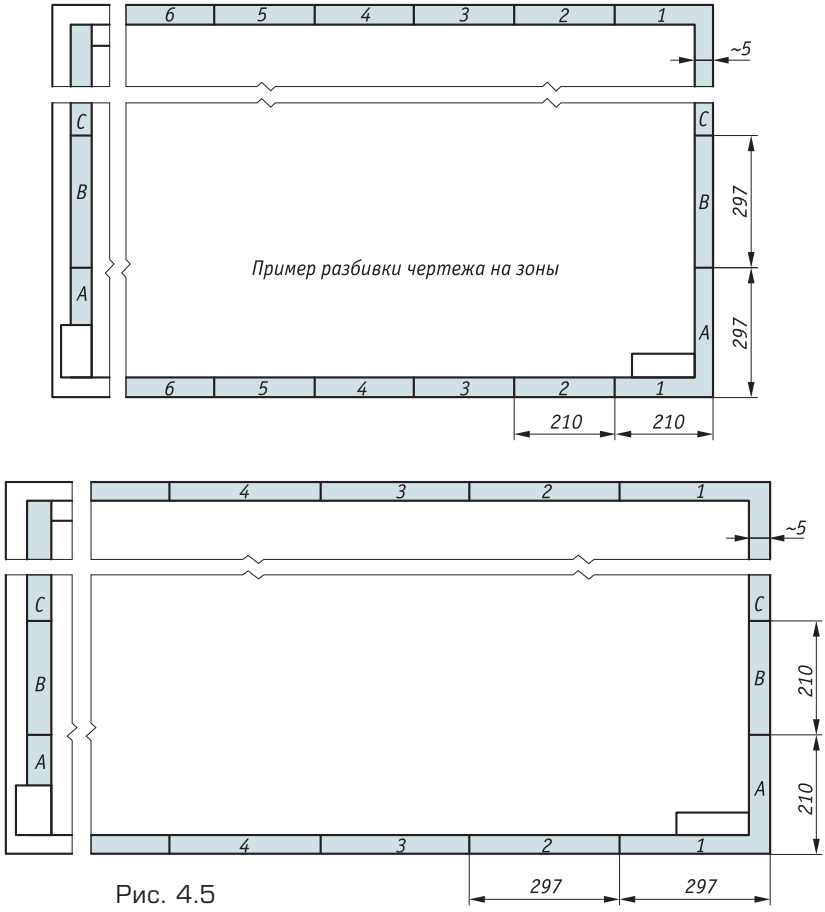

6
5
4
3
2
1
~5
C
B
A
Пример разбивки чертежа на зоны
297
297
210
210
4
3
2
1
~5
210
210
297
297

Рис. 4.5

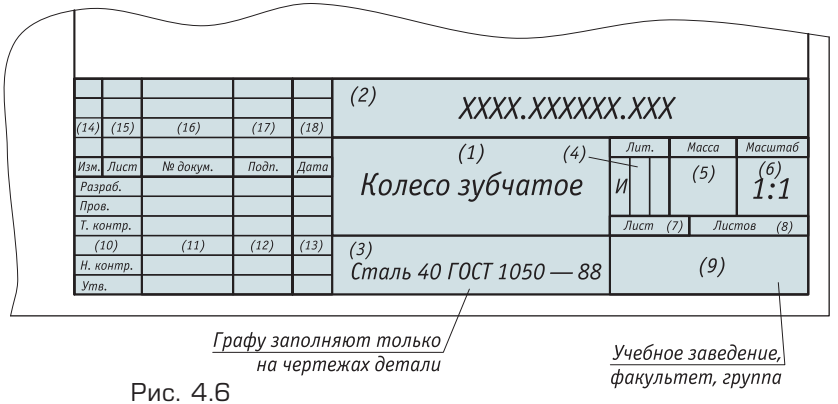

(2)
XXXX.XXXXXX.XXX
(1)
Колесо зубчатое
(4)
Лит.
Масса
Масштаб
И
(5)
(6)
1:1
Лист (7)
Листов (8)
(3)
Сталь 40 ГОСТ 1050 — 88
(9)
(14) (15) (16) (17) (18)
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
(10) (11) (12) (13)
Н. контр.
Утв.
Графу заполняют только на чертежах детали
Учебное заведение, факультет, группа

Рис. 4.6

В ней записывают обозначение документа, повернутое на 180°, для форматов А4 и больше А4 при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа и повернутое на 90° для форматов больше А4 при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа.

4.4. СПЕЦИФИКАЦИЯ

За основной текстовый конструкторский документ для сборочных единиц, комплексов и комплектов принимают спецификацию. Спецификация определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта. В спецификацию вносят все составные части, входящие в специфицированное изделие, а также конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию и его неспецифицированным основным частям.

ГОСТ 2.106—96 «Спецификация» устанавливает форму и порядок заполнения спецификаций на изделия всех отраслей промышленности. В соответствии со стандартом спецификацию со-

Рис. 4.7

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ставляют на отдельных листах формата А4. Каждый лист спецификации разделен на следующие графы: «Формат», «Зона», «Позиция» («Поз.»), «Обозначение», «Наименование», «Количество» («Кол.») и «Примечание». Строчки спецификации не должны быть у́же 8 мм (рис. 4.7). На каждом листе спецификации внизу помещают основную надпись по форме 2 (см. рис. 4.4, *а*) для первого или заглавного листа и по форме 2а (см. рис. 4.4, *б*) для каждого последующего листа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличаются изделия основного производства от изделий вспомогательного производства?
2. Какие изделия называют специфицированными, а какие неспецифицированными?
3. Какими линиями выполняют основные надписи и дополнительные графы к ним?
4. Где располагают основную надпись на формате А4?
5. В чем отличие сборочного чертежа от чертежа общего вида?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 5

ИЗОБРАЖЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБ

5.1. ОБРАЗОВАНИЕ РЕЗЬБЫ

Согласно ГОСТ 11708—82 *резьба* — это поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура (треугольника, прямоугольника, квадрата, трапеции, полукруга), задающего профиль резьбы, по поверхности вращения.

Винтовое движение — это сложное движение, которое состоит из равномерных поступательного, совершаемого плоским контуром параллельно прямой, называемой *осью винта*, и вращательного вокруг той же оси движений. Ось поверхности находится в плоскости контура. При этом получаются *винтовые выступы* (рис. 5.1), образующие тело резьбы. Поверхность и располагающийся на ней выступ образуют *винт*. Участок резьбы, соответ-

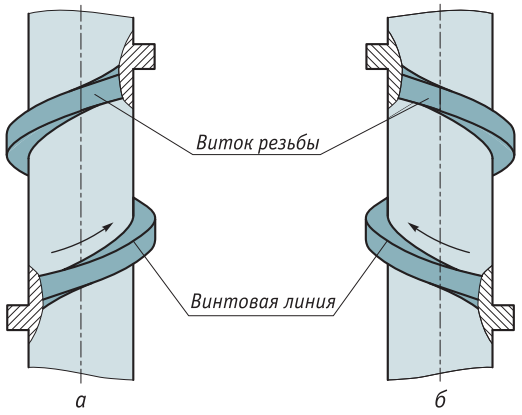


Рис. 5.1

ствующий одному полному обороту плоского контура вокруг оси, называют *витком резьбы*, а пространство между витками — *канавкой*. Любая точка плоского контура (профиля) совершает винтовое перемещение по поверхности вращения и описывает линию, называемую *винтовой линией*, или *ходом точки* (см. рис. 5.1). Резьбу, выполненную на стержне, называют наружной, а в отверстии — внутренней. Если плоский контур перемещается по поверхности цилиндра вращения, то резьбу называют цилиндрической, если по поверхности конуса вращения — конической. Различают правую и левую резьбы. Если ось наружной резьбы расположить вертикально перед наблюдателем, то у правой резьбы видимая часть витков поднимается слева направо (см. рис. 5.1, *а*), у левой резьбы — справа налево (см. рис. 5.1, *б*). Резьбу, образованную движением одного профиля, называют однозаходной, а резьбу, образованную движением двух, трех и более одинаковых профилей, — многозаходной.

5.2. ПАРАМЕТРЫ РЕЗЬБЫ

Основными параметрами резьбы являются: номинальный диаметр наружной d (болт, винт, шпилька и др.) и внутренней D (гайка, гнездо и др.) резьб, профиль резьбы, угол профиля резьбы, шаг резьбы P (рис. 5.2), ход резьбы P_h. Различают три диаметра, характеризующих резьбу: наружный d (D), внутренний d_1 (D_1) и средний d_2 (D_2).

Наружным диаметром резьбы называется диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной или впадин внутренней резьб. Его принимают за номинальный для большинства резьб.

Внутренним диаметром резьбы называется диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг впадин наружной или вершин внутренней резьб. Реальные значения диаметров выступов и впадин наружной резьбы отличаются от значений диаметров впадин и выступов внутренней резьбы, но в машиностроительном черчении эти диаметры условно считают одинаковыми.

Профилем резьбы является контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ось поверхности. *Угол профиля резьбы* — это угол, измеряемый между боковыми сторонами профиля. *Шаг резьбы* — это расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеренное вдоль оси резьбы.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

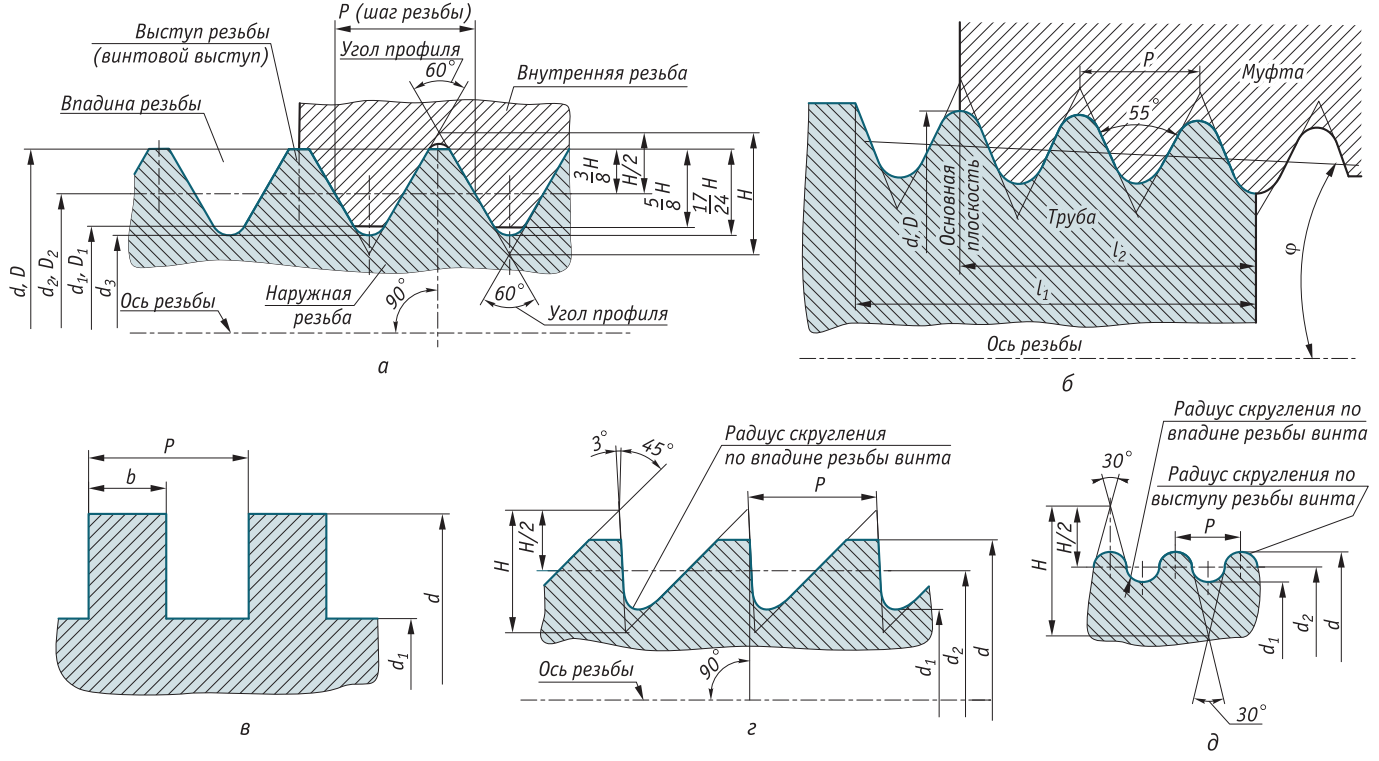

Выступ резьбы
(винтовой выступ)
P (шаг резьбы)
Угол профиля
60°
Внутренняя резьба
Впадина резьбы
d, D
d2, D2
d1, D1
d3
Ось резьбы
Наружная
резьба
90°
60°
Угол профиля
3/8 H
H/2
5/8 H
17/24 H
H
а
P
Муфта
55°
d, D
Основная
плоскость
Труба
l2
l1
φ
Ось резьбы
б
P
b
d
d1
в
3°
45°
Радиус скругления
по впадине резьбы винта
P
H
H/2
Ось резьбы
90°
d1
d2
d
г
30°
Радиус скругления по
впадине резьбы винта
Радиус скругления по
выступу резьбы винта
P
H
H/2
d1
d2
d
30°
д

Рис. 5.2

Ход резьбы — это относительное осевое перемещение детали (винта, гайки и др.) за один полный оборот, измеряемое в миллиметрах:

$$P_h = nP,$$

где n — число заходов (количество витков резьбы); P — шаг резьбы, мм.

Длина свинчивания — это длина участка взаимного перекрытия наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

5.3. ВИДЫ РЕЗЬБ

В зависимости от назначения резьбы используют различные профили, образующие поверхность витка резьбы. Наиболее распространены следующие профили резьб: треугольные, прямоугольные, трапецеидальные, круглые. Эти профили не представляют собой строгой геометрической формы. Обычно углы профиля скругляют или срезают. Резьбы треугольного профиля нарезают на крепежных деталях и называют *крепежными*. Резьбы других профилей нарезают на деталях, передающих движение, и называют *ходовыми*.

Крепежные резьбы:

а) метрическая резьба. Имеет основные размеры согласно ГОСТ 24705—2004. Профиль на метрические резьбы общего назначения устанавливает ГОСТ 9150—2002. Теоретически профилем метрической резьбы является равносторонний треугольник, основание которого равно шагу резьбы (рис. 5.2, *а*). Метрическую резьбу выполняют с крупным (единственным для данного диаметра резьбы) и мелким шагами, которых для данного диаметра может быть несколько. Например, для диаметра d = 12 мм, крупный шаг всегда равен 1,75 мм, а мелкий может быть равен 1,50; 1,25; 1,00; 0,75 и 0,50 мм. Метрическую резьбу широко используют в крепежных изделиях (болты, винты, шпильки, гайки и др.). Диаметры от 0,25 до 600 мм и шаги для метрической резьбы общего назначения устанавливает ГОСТ 8724—2002. Степень точности, с которой должна быть изготовлена резьба, устанавливает ГОСТ 16093—2004;

б) метрическая коническая резьба с конусностью 1/16 (ГОСТ 25229—82). Профиль данной резьбы аналогичен профилю метрической резьбы по ГОСТ 9150—2002. Метрическую коническую

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

резьбу применяют для соединения труб в трубопроводах высокого давления, требующих повышенной герметичности резьбового соединения;

в) резьба метрическая для приборостроения. Имеет основные размеры согласно ГОСТ 24706—81. Профиль данной резьбы аналогичен профилю метрической резьбы по ГОСТ 9150—2002 (см. рис. 5.2, *а*). Диаметры и шаги резьбы устанавливает ГОСТ 16967—81;

г) резьба метрическая (ГОСТ 11709—81) для диаметров от 1 до 80 мм на деталях из пластмасс. Профиль данной резьбы аналогичен профилю метрической резьбы по ГОСТ 9150—2002 (см. рис. 5.2, *а*);

д) дюймовая резьба. Профилем дюймовой резьбы является равнобедренный треугольник с углом при вершине 55°. Выступы и впадины профиля плоско срезаны. Наружный диаметр d, принимаемый за номинальный, измеряют в дюймах (1″ ≈ 25,4 мм). В России дюймовую резьбу применяют лишь при изготовлении запасных деталей. Основные параметры этой резьбы устанавливает ОСТ НКТП 1260 (в настоящее время этот стандарт ликвидирован без замены);

е) дюймовая коническая резьба с конусностью 1/16 (ГОСТ 6111—52). Профилем данной резьбы является равносторонний треугольник с прямосрезанной вершиной. Наружный диаметр d в среднем (приблизительно) сечении по длине резьбы на трубе (в основной плоскости, перпендикулярной оси резьбы), принимаемый за номинальный, условно равен наружному диаметру трубной цилиндрической резьбы того же размера и измеряется в дюймах. Эту резьбу применяют в соединениях топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов, машин и станков с относительно невысоким давлением. Все три диаметра резьбы d (D), d_1 (D_1), d_2 (D_2) измеряют в основной плоскости. Расстояния от базы конуса до основной плоскости заданы в стандарте;

ж) трубная цилиндрическая резьба (ГОСТ 6357—81). Профилем данной резьбы является равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° и с закругленными выступами и впадинами. Профили наружной и внутренней резьб совпадают, что обеспечивает надежную герметичность конструкций. Трубная резьба имеет более мелкий шаг по сравнению с дюймовой резьбой, что обеспечивает более прочное соединение, и применяется для соединения труб и тонкостенных деталей. Трубную цилиндрическую резьбу условно обозначают в дюймах, приближенно указывающих величину диаметра условного прохода (диаметра отвер-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

стия D_y) цилиндрической трубы, принимаемого за номинальный размер резьбы. Ее можно применять в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой (ГОСТ 6211—81);

з) трубная коническая резьба (ГОСТ 6211—81). Профиль данной резьбы (рис. 5.2, *б*) аналогичен профилю трубной цилиндрической резьбы. Конусность принята равной 1/16. Глубину ввинчивания трубы в муфту l_2, определяющую положение основной плоскости относительно торца трубы, выбирают согласно стандарту. Наружный диаметр d в среднем (приблизительно) сечении по длине резьбы на трубе (в основной плоскости), принимаемый за номинальный диаметр резьбы, равен наружному диаметру трубной цилиндрической резьбы того же размера. Трубную коническую резьбу применяют для соединения труб в трубопроводах высокого давления, требующих повышенной герметичности резьбового соединения. Диаметр трубной конической резьбы в основной плоскости и связанные с ним шаг и число ниток (витков) на 1″ длины трубы соответствуют параметрам трубной цилиндрической резьбы того же диаметра, поэтому трубную коническую резьбу на трубе можно применять в сочетании с трубной цилиндрической резьбой в муфте;

и) резьба коническая вентилей и баллонов для газов (ГОСТ 9909—81);

к) резьба окулярная (ГОСТ 5359—77) для оптических приборов. Профилем данной резьбы является равнобочная трапеция с углом при вершине 60°. Одно- и многозаходную окулярную резьбу укороченного профиля диаметрами от 5 до 80 мм применяют для соединений трубчатых тонкостенных деталей.

Ходовые резьбы:

а) прямоугольная (частный случай — квадратная) резьба (см. рис. 5.2, *в*). Данную резьбу в новых конструкциях не применяют, поэтому стандарт на нее отсутствует. Вместо нее используют трапецеидальную резьбу. При изображении указывают профиль и размеры прямоугольной резьбы;

б) трапецеидальная резьба. Профилем данной резьбы в соответствии с ГОСТ 9484—81 является равнобочная трапеция с углом при вершине 30°. Такой профиль обеспечивает передачу двухсторонних осевых нагрузок. Трапецеидальная резьба бывает однозаходной (ГОСТ 24737—81 и ГОСТ 24738—81) и многозаходной (ГОСТ 24739—81), правой и левой;

в) упорная резьба (ГОСТ 10177—82). Профилем является неравнобочная трапеция, у которой угол наклона стороны, воспри-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

нимающей нагрузку, к прямой, перпендикулярной оси винта, составляет 3°, а другая сторона наклонена к этой прямой под углом 30°;

г) упорная усиленная резьба (ГОСТ 13535—87). Профиль этой резьбы отличается от профиля упорной резьбы тем, что угол наклона нерабочей стороны профиля к прямой, перпендикулярной оси винта, составляет 45° (рис. 5.2, *г*);

д) круглая резьба (ГОСТ 13536—68). Эту резьбу (рис. 5.2, *д*) применяют в санитарно-технической арматуре. Стандартом предусмотрен один размер: d (D) = 12 мм с шагом P = 2,54 мм;

е) круглая резьба (ГОСТ 28108—89) для цоколей и патронов электроламп.

Применяют и другие резьбы. Если резьба со стандартным профилем имеет нестандартный диаметр или шаг, то к названию резьбы в начале добавляют слово «Специальная» (например, «специальная метрическая резьба»).

5.4. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Операции, выполняемые при изготовлении изделий с резьбой, приводят к образованию на винтовых поверхностях технологических элементов резьбы: сбега, недовода, недореза, кольцевой проточки и фаски (рис. 5.3, *а*, *б*). ГОСТ 10549—80 и ГОСТ 12414—94 определяют размеры и форму этих элементов для наружной и внутренней резьб крепежных изделий.

Сбег резьбы — это участок неполноценной резьбы длиной x с постепенно уменьшающимся профилем.

Недовод резьбы — это участок без резьбы длиной l_2 между концом сбега и опорной поверхностью (головкой, буртиком, заплечиком и т. д.).

Недорез резьбы — это участок, равный сумме длин недовода и сбега: $a = l_2 + x$.

Кольцевая проточка — это технологический элемент резьбы, необходимый для устранения неполноценного профиля резьбы на участке сбега и недовода (рис. 5.3, *в*, *г*).

Фаска — это коническая поверхность, выполненная в торцевой части стержня (болта, винта, шпильки) или гнезда (гайки) в начале резьбы. На рис. 5.3, *а*, *б* показано нанесение размеров фасок под углом 45°, где z — высота усеченного конуса фаски в

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

миллиметрах, а 45° — наклон прямолинейной образующей фаски к оси стержня или отверстия в градусах.

Для упрощения построения чертежей винтовых поверхностей в ГОСТ 2.311—68 предусмотрены правила условных изображений и обозначений резьбы и ее элементов. На стержне резьбу изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру резьбы (рис. 5.4, *а*, *б*). 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

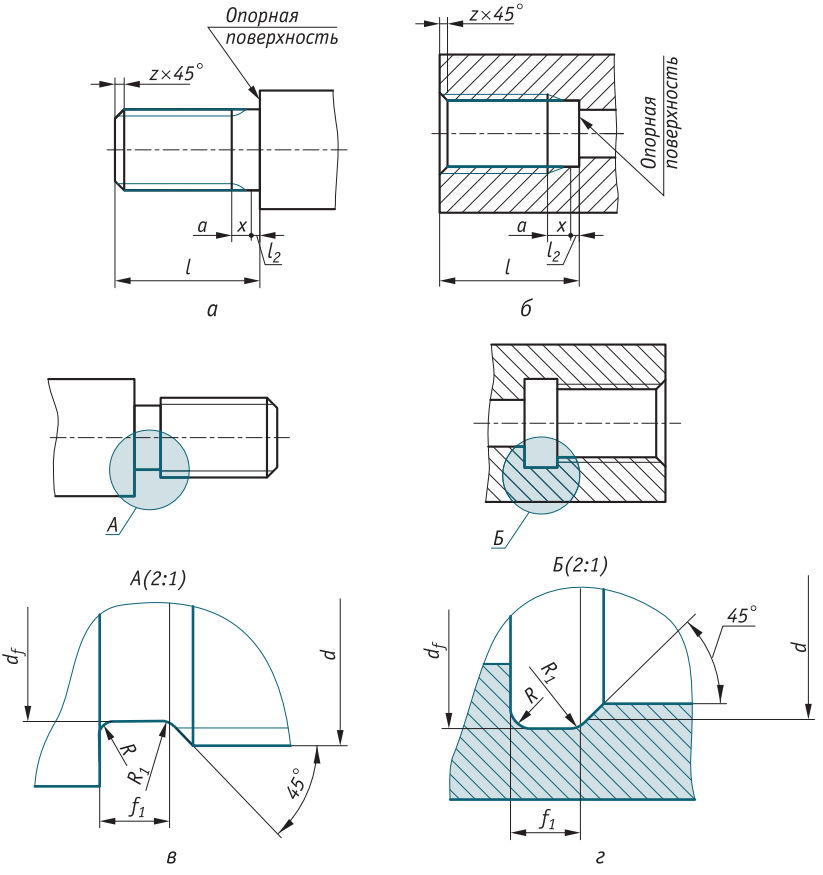


Рис. 5.3

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

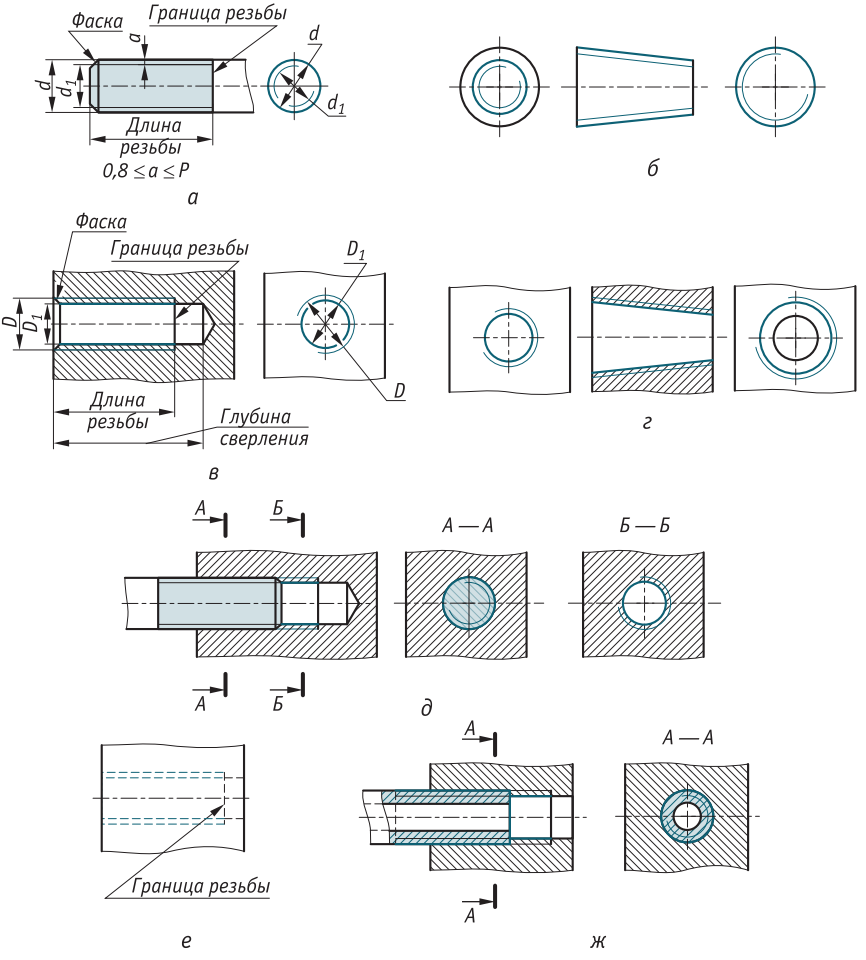


Рис. 5.4

проецированием на плоскость, перпендикулярную оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную 3/4 окружности, разомкнутую в любом месте, но не следует начинать и заканчивать разрыв этой дуги на осевой линии.

В отверстии резьбу изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру резьбы (рис. 5.4, *в*, *г*). На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наруж-

ному диаметру резьбы проводят на всю длину, без сбега. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную 3/4 окружности, разомкнутую в любом месте, но не на осевой линии. Сплошную тонкую линию при изображении резьбы проводят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы (см. рис. 5.4, *а*).

Линию, определяющую границу резьбы, наносят на стержне (см. рис. 5.3, *а*, *в*, 5.4, *а*, *д*, *ж*) и в отверстии с резьбой (см. рис. 5.3, *б*, 5.4, *в*, *д*, *е*, *ж*) в конце полного профиля (до начала сбега). Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной (см. рис. 5.4, *а*, *в*) или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая. Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и внутреннему диаметрам (см. рис. 5.4, *е*).

Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержне и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т. е. в обоих случаях — до сплошной основной линии (см. рис. 5.3, *г*, 5.4, *в*, *г*, *д*, *ж*). 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 (см. рис. 5.4, *а*, *б*, *в*, *г*). Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне долж-

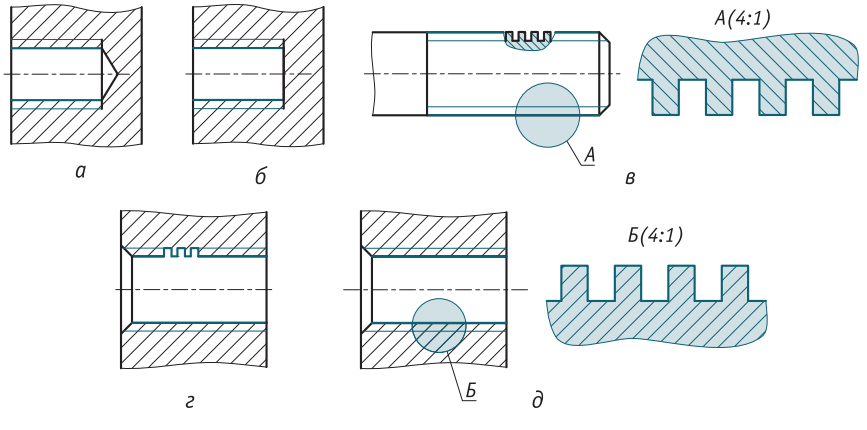


Рис. 5.5

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

на пересекать линию границы фаски и доходить до образующей конуса фаски (см. рис. 5.4, *а*).

При выполнении разреза резьбового соединения предпочтение отдается ввинчиваемой детали, т. е. в изображении на плоскости, параллельной оси резьбы, ввинчиваемую деталь вычерчивают в соединении так же, как и вне его, а в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (см. рис. 5.4, *д*, *ж*). На чертежах, по которым резьбу не изготавливают, например сборочных, фаски можно не показывать (см. рис. 5.4, *е*, *ж*, 5.5, *а*, *б*), а конец глухого резьбового отверстия допускается изображать, как показано на рис. 5.5, *а*, *б*, даже при наличии разности между глубиной отверстия под резьбу и длиной нарезанной части. Для изображения резьбы нестандартного профиля применяют местный разрез (рис. 5.5, *в*, *г*) или выносной элемент (рис. 5.5, *в*, *д*).

5.5. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ

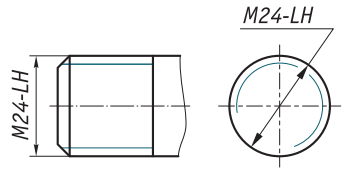
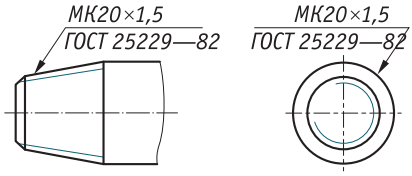
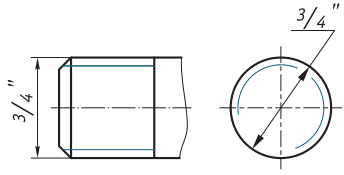
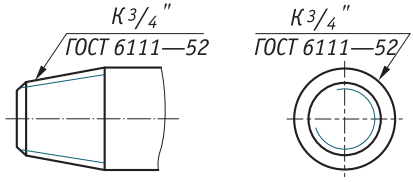
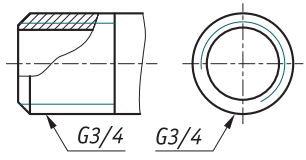
Для обозначения резьб используются буквенные и цифровые данные, указывающие на тип резьбы и ее параметры. Обозначение резьбы включает в себя следующие характеристики (например, М20×0,75-LH): М — тип резьбы (метрическая); 20 — номинальный диаметр, мм; 0,75 — шаг резьбы (мелкий), мм; LH — направление резьбы (левая). Крупный шаг в обозначении резьбы может быть опущен; правую резьбу в обозначении не указывают (например: М20 — резьба метрическая с крупным шагом, правая, номинальный диаметр — 20 мм).

Обозначение многозаходной резьбы (например, S40×14(P7)), включает в себя следующие характеристики: S — тип резьбы (упорная); 40 — номинальный диаметр, мм; 14 — ход резьбы (P_h), мм; 7 — шаг резьбы (P), мм. При обозначении однозаходной резьбы величину хода не указывают. При необходимости в обозначение, например, упорной усиленной резьбы включают длину свинчивания группы «длинные» в миллиметрах.

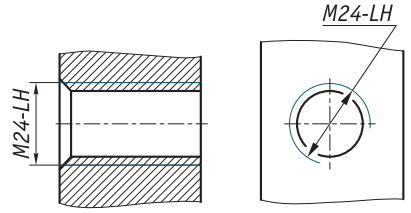
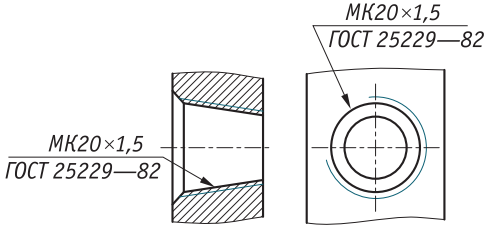
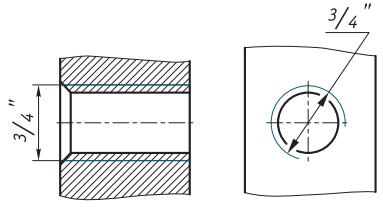
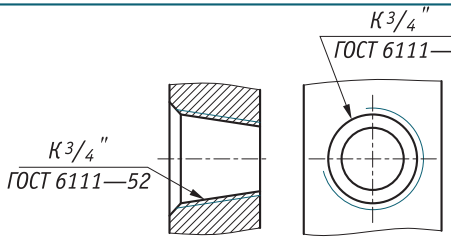
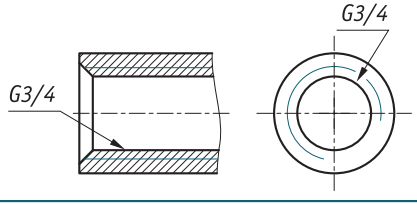
В обозначение дюймовой цилиндрической резьбы входит только величина номинального диаметра в дюймах (например, $1^1/_2''$), а обозначение трубной цилиндрической резьбы (например $G2^3/_4$) содержит тип резьбы (G — трубная) и диаметр условного прохода (номинальный диаметр) трубы, на внешней поверхности которой нарезана резьба, в дюймах ($2^3/_4$).

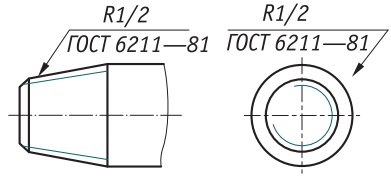
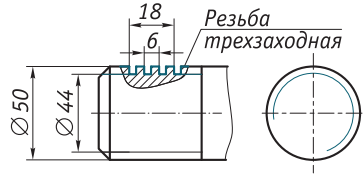
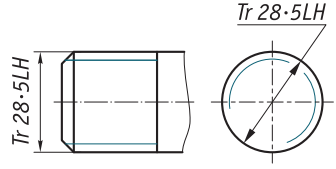
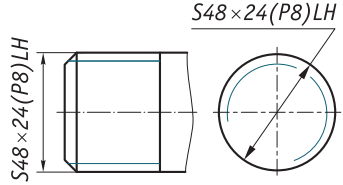
ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 5.1

Тип резьбы	Примеры условного
	наружной
Метрическая ГОСТ 8724 — 2002	
Метрическая коническая ГОСТ 25229 — 82	
Дюймовая	
Дюймовая коническая ГОСТ 6111 — 52	
Трубная цилинд- рическая ГОСТ 6357 — 81	

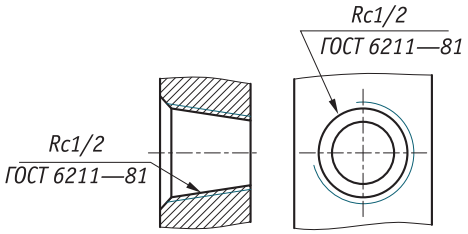
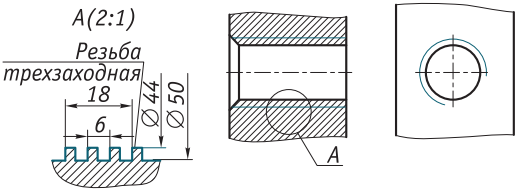
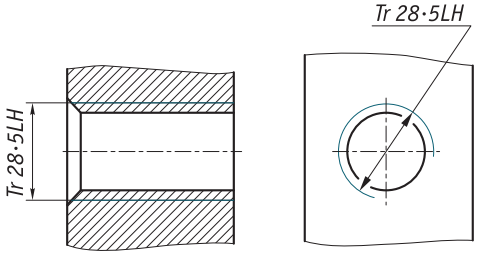
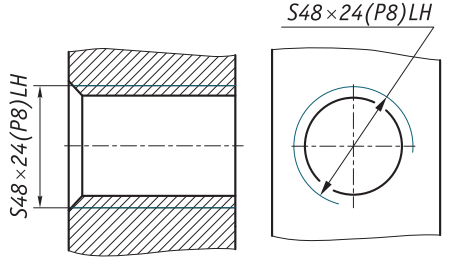
ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

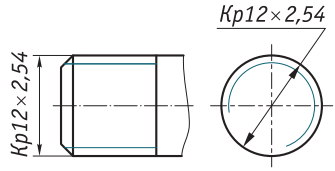
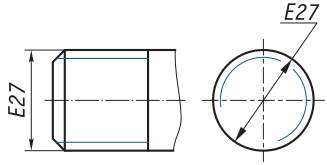
обозначения на чертеже резьбы	
внутренней	Расшифровка обозначения
	Резьба метрическая, левая, наружный диаметр 24 мм, шаг крупный
	Резьба метрическая коническая, правая, номинальный диаметр 20 мм, шаг 1,5 мм, мелкий
	Резьба дюймовая, правая, наружный диаметр $^3/_4$"
	Резьба дюймовая коническая, правая, номинальный диаметр $^3/_4$"
	Резьба трубная цилиндрическая, правая, диаметр условного прохода $^3/_4$"

Тип резьбы	Примеры условного
	наружной
Трубная коническая ГОСТ 6211—81	
Прямоугольная	
Трапецеидальная однозаходная ГОСТ 24738—81	
Упорная ГОСТ 10177—82	

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Продолжение табл. 5.1

обозначения на чертеже резьбы	
внутренней	Расшифровка обозначения
	Резьба трубная коническая, правая, номинальный диаметр $^{1}/_{2}''$
	Резьба прямоугольная, правая, с нестандартным профилем, шаг 6 мм, ход 18 мм
	Резьба трапецеидальная, однозаходная, левая, наружный диаметр 28 мм, шаг 5 мм
	Резьба упорная, трехзаходная, левая, наружный диаметр 48 мм, шаг 8 мм, ход 24 мм

Тип резьбы	Примеры условного
	наружной
Круглая ГОСТ 13536—68	
Круглая для электротехнической арматуры ГОСТ 28108—89	
Упорная усиленная ГОСТ 13535—87	S 45° 200·24(Р12)LH-300 — резьба упорная усилен 24 мм, шаг 12 мм, длина свинчивания группы

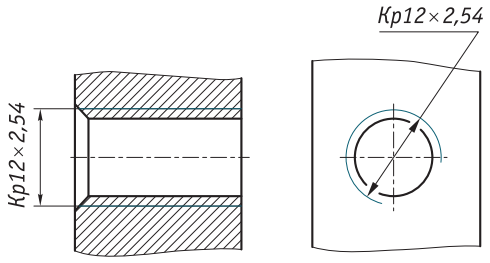
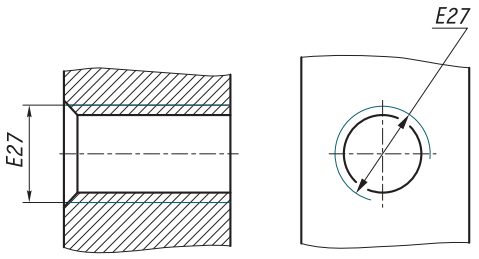
Примечание. При обозначении специальной резьбы перед указанием типа резьба специальная упорная усиленная, наружный диаметр 900 мм, шаг 56 мм,

В обозначение конической резьбы включают номер стандарта резьбы. Например, К$1^1/_4''$ ГОСТ 6111—52, где К — тип резьбы (дюймовая коническая); $1^1/_4''$ — номинальный диаметр в дюймах; ГОСТ 6111—52 — стандарт на резьбу.

При обозначении специальной резьбы изображение ее профиля сопровождают надписью «Резьба». Профиль изображают на выносном элементе в увеличенном масштабе или показывают в местном разрезе с необходимыми размерами. В табл. 5.1 приведены примеры условного изображения и обозначения резьб на чертежах.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Окончание табл. 5.1

обозначения на чертеже резьбы	
внутренней	Расшифровка обозначения
	Резьба круглая, правая, наружный диаметр 12 мм, шаг 2,54 мм
	Резьба круглая, правая, ближайший целый размер наружного диаметра 27 мм
ная, двухзаходная, левая с углом 45°, наружный диаметр 200 мм, ход «длинные» 300 мм	

резьбы делают надпись «Спец.». Например: Спец. S900 · 56 · 45° ГОСТ 13535—87 — угол 45°.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое резьба и каковы ее основные параметры?
2. Какие резьбы называют крепежными, а какие ходовыми?
3. Какую резьбу называют многозаходной?
4. Как на чертежах изображают резьбу на стержне и в отверстии?
5. Что входит в обозначение метрической резьбы?
6. Как обозначают трубную резьбу?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 6

ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОЕДИНЕНИЯХ

Применяемые в машино- и приборостроении соединения отдельных деталей и сборочных единиц подразделяются на две группы: разъемные и неразъемные. К *разъемным* относятся соединения, которые можно неоднократно разбирать и собирать без повреждения соединительных элементов: резьбовые (болтовые, винтовые, шпилечные), шпоночные, клиновые, штифтовые и др. К *неразъемным* относятся соединения (клепаные, сварные, клееные и др.), демонтаж которых невозможен без разрушения соединительных элементов.

6.2. СОЕДИНЕНИЯ РЕЗЬБОВЫЕ

Чертежи резьбовых соединений включают в себя изображения соединяемых и резьбовых деталей, а также деталей для их стопорения. Изображение резьбового соединения может быть конструктивным, упрощенным или условным. *Конструктивное* изображение дает полное представление о форме и размерах показываемого соединения. При этом размеры деталей и их элементов точно соответствуют стандартам, а на чертеже соединения показывают фаски, галтели, зазоры между стержнем с резьбой и отверстием скрепляемой детали, обозначают длину резьбы.

Упрощенное изображение означает, что резьбу показывают по всей длине стержня болта (винта, шпильки); не показывают фаски на резьбах, головке болта, гайке, шайбе; не вычерчивают галтели и зазоры между стержнем болта (винта, шпильки) и отверстием скрепляемой детали; на видах по направлению оси болта (шпиль-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ки) резьбу на стержне изображают окружностью наружного диаметра, а фаску не показывают; на изображениях, параллельных оси винта (шурупа), шлицы на головках винтов (шурупов) показывают сплошной толстой линией; на видах, перпендикулярных оси винта (шурупа), шлицы показывают линией, проведенной не в проекционной связи, а под углом 45° к основной надписи чертежа.

Условные изображения (ГОСТ 2.315—68) выполняют при диаметрах стержней крепежных деталей 2 мм и менее.

6.2.1. Соединения деталей болтом

Соединение деталей болтом применяют для скрепления двух и более деталей. Оно состоит из болта, шайбы, гайки и соединяемых деталей. *Болт* — это цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, а на другом — резьба для навинчивания гайки.

Болты различаются по форме, размерам, точности изготовления и характеру исполнения. Наиболее распространены болты для металла с шестиугольной призматической головкой и для дерева с квадратной призматической головкой. Чаще всего используют болты с шестиугольной призматической головкой нормальной точности (ГОСТ 7798—70) трех исполнений:

- исполнения 1 — без отверстий в головке и стержне болта (рис. 6.1, *а*);
- исполнения 2 — с отверстием на резьбовой части стержня для стопорения шплинтом (рис. 6.1, *б*);
- исполнения 3 — с двумя сквозными отверстиями в головке для стопорения группы болтов с помощью проволоки (рис. 6.1, *в*).

Длина резьбовой части болта b зависит от длины болта l и определяется стандартом. Высота головки болта $H_б$ и диаметр окружности D_1 головки зависят от величины номинального диаметра резьбы. При вычерчивании болта главный вид выбирают так, чтобы на нем были видны три грани головки, а ось болта располагают параллельно основной надписи чертежа. При изображении соединения в разрезе плоскостью, проходящей через ось болта, болт как сплошное тело, гайку и шайбу показывают нерассеченными.

Длину болта рассчитывают по формуле

$$l \geq B_I + B_{II} + S + H + a_1 + z, \text{ мм},$$

где B_I, B_{II} — толщины скрепляемых деталей I и II, мм; S — толщина шайбы, мм; H — высота гайки, мм; a_1 — запас резьбы болта на

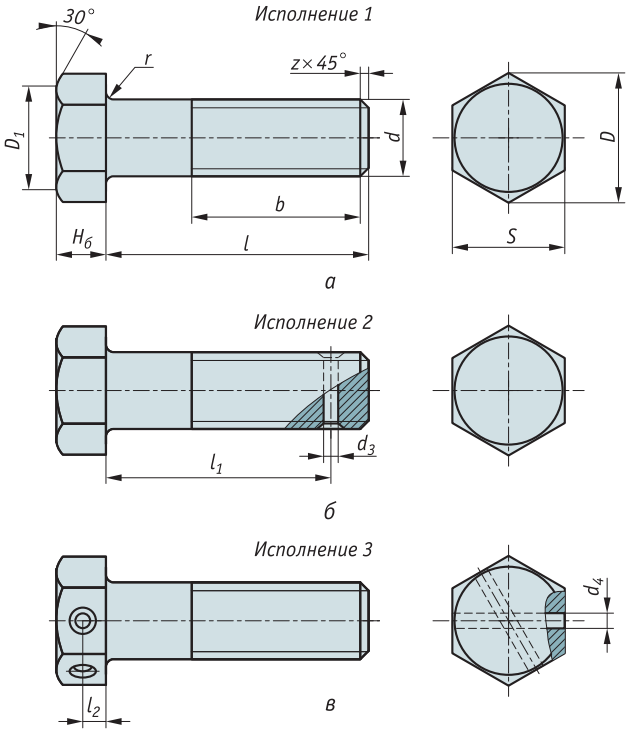


Рис. 6.1

выходе из гайки (в пределах от одного до двух шагов резьбы), мм; *z* — высота фаски резьбового конца стержня (выбирается согласно ГОСТ 12414—94).

Затем из стандарта выбирают длину болта, ближайшую (большую) к рассчитанной. Далее приведены некоторые значения параметра *l*: 40, 45, 50, 55, 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 и др. В этом же стандарте находят длину нарезанной части стержня болта *b*. Длину *b* рассчитывают по формуле $b = 2d + 6$ мм для болтов длиной до 125 мм, $b = 2d + 12$ мм — для болтов длиной от 130 до 200 мм и $b = 2d + 25$ мм — для болтов длиной от 220 до 300 мм, где *d* — номинальный диаметр резьбы болта, мм. Конструктивное изображение соединения двух деталей болтом показано на рис. 6.2, *а*; упрощенное изображение этого соединения — на рис. 6.2, *б*.

Пример условного обозначения болта в конструкторской документации:

«Болт М12—6*g*×60.5.8 ГОСТ 7798—70»,

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

что означает: болт исполнения 1 с номинальным диаметром метрической резьбы 12 мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска 6*g*, длиной 60 мм, класса прочности 5.8, без покрытия.

При соединении деталей болт свободно проходит через сквозные отверстия скрепляемых деталей. При конструктивном изображении диаметр сквозного отверстия под крепежную деталь выбирают по диаметру резьбы болта согласно ГОСТ 11284—75, зазор между поверхностями отверстия и крепежной детали условно изображают немного увеличенным, а изображения головки болта и гайки, линии пересечения конической поверхности (фаски) с гранями головки заменяют дугами окружностей (рис. 6.3, *а*).

Гайка — крепежное изделие с резьбовым отверстием и конструктивным элементом (многогранником, накаткой на боковой поверхности, торцевыми и радиальными отверстиями, шлицами и т.д.) для передачи крутящего момента. По форме гайки бывают призматические шестиугольные и квадратные, круглые и др. Шестиугольные призматические гайки по высоте бывают низкие (ГОСТ 5916—70, ГОСТ 15522—70); нормальные (ГОСТ 5915—70); высокие (ГОСТ 15524—70); особо высокие (ГОСТ 15525—70). Чаще применяют стандартные шестиугольные призматические гайки нормальной высоты с двумя фасками (рис. 6.3, *б*), с одной фаской (рис. 6.3, *в*) и без фасок с выступом с одного торца (рис. 6.3, *г*) по ГОСТ 15526—70.

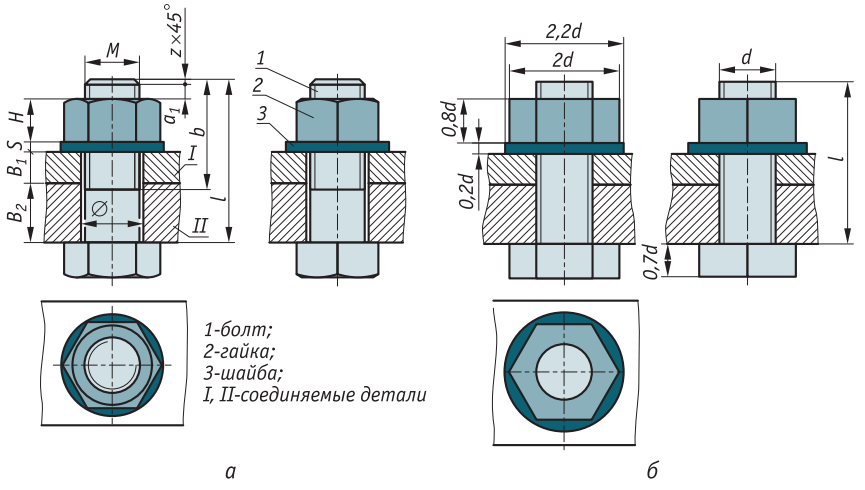


Рис. 6.2

Гайки бывают: прорезные (ГОСТ 5935—73, ГОСТ 2528—73), прорезные и корончатые (ГОСТ 5918—73, ГОСТ 5919—73 и ГОСТ 5933—73) и гайки-барашки (ГОСТ 3032—76), навинчиваемые рукой без применения инструмента.

Пример условного обозначения гайки в конструкторской документации:

«Гайка 2М24.4—6Н ГОСТ 15526—70»,

что означает: гайка исполнения 2 с номинальным диаметром метрической резьбы 24 мм, с крупным шагом резьбы (не указан), класса прочности 4, с полем допуска резьбы 6*H*, без покрытия.

Шайба представляет собой пластину с отверстием, подкладываемую под головку болта (винта) или гайку. Она предназначена для предотвращения повреждения материала деталей при завинчивании и для равномерного распределения давления на них. Наиболее распространены стальные круглые шайбы (цилиндрической формы), выпускаемые по стандартам (ГОСТ 11371—78, ГОСТ 6958—78, ГОСТ 10450—78), и пружинные шайбы (ГОСТ 6402—70).

ГОСТ 11371—78 предусматривает два исполнения: исполнение 1 — без наружных фасок (рис. 6.4, *а*); исполнение 2 — с наруж-

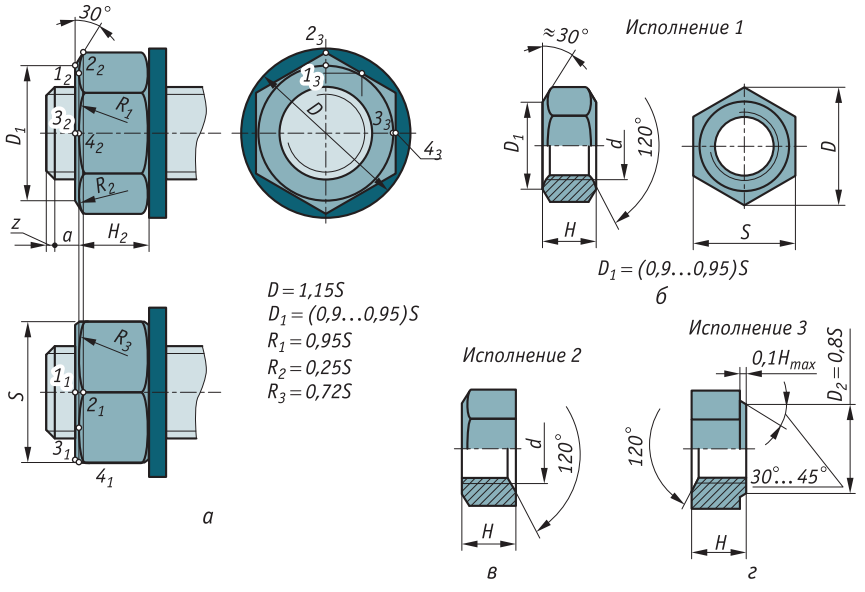


Рис. 6.3

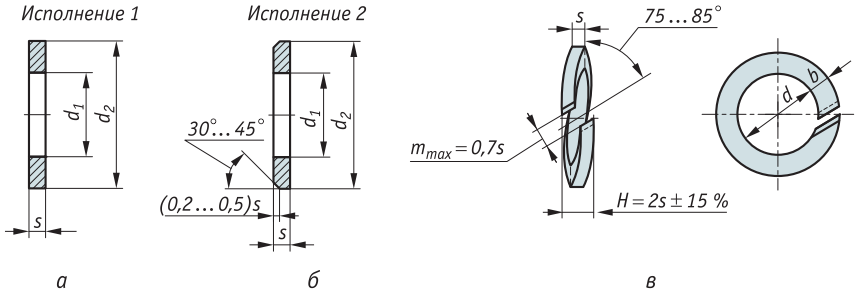


Рис. 6.4

ной фаской (рис. 6.4, *б*). Реальный диаметр отверстия шайбы немного больше диаметра стержня болта, винта или шпильки, но в условном обозначении шайбы в конструкторской документации указывают диаметр *d* крепежной детали (болта, винта или шпильки).

Шайбы пружинные предназначены для предотвращения самопроизвольного развинчивания резьбового соединения (рис. 6.4, *в*); они бывают двух исполнений: 1 и 2.

Примеры условного обозначения шайб в конструкторской документации:

«Шайба 2.12.01.08кп.016 ГОСТ 11371—78»,

что означает: шайба исполнения 2, класса точности А, для крепежной детали диаметром 12 мм, из стали марки 0,8кп, с цинковым покрытием толщиной 6 мкм хромированным;

«Шайба 20Л 65Г 029 ГОСТ 6402—70»,

что означает: шайба пружинная легкая, исполнения 1, для крепежных деталей диаметром 20 мм, из стали марки 65Г, с кадмиевым покрытием толщиной 9 мкм хромированным.

6.2.2. Соединения деталей шпильками

Шпилькой соединяют две детали (и более), когда по конструктивным причинам невозможно сверление сквозного отверстия одной или всех соединяемых деталей или отсутствует доступ для монтажа соединения.

Шпилька (рис. 6.5, *а*) — это цилиндрический стержень, имеющий метрическую резьбу на обоих концах или на всей своей длине. Различают шпильки *общего применения* с диаметром резьбы

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

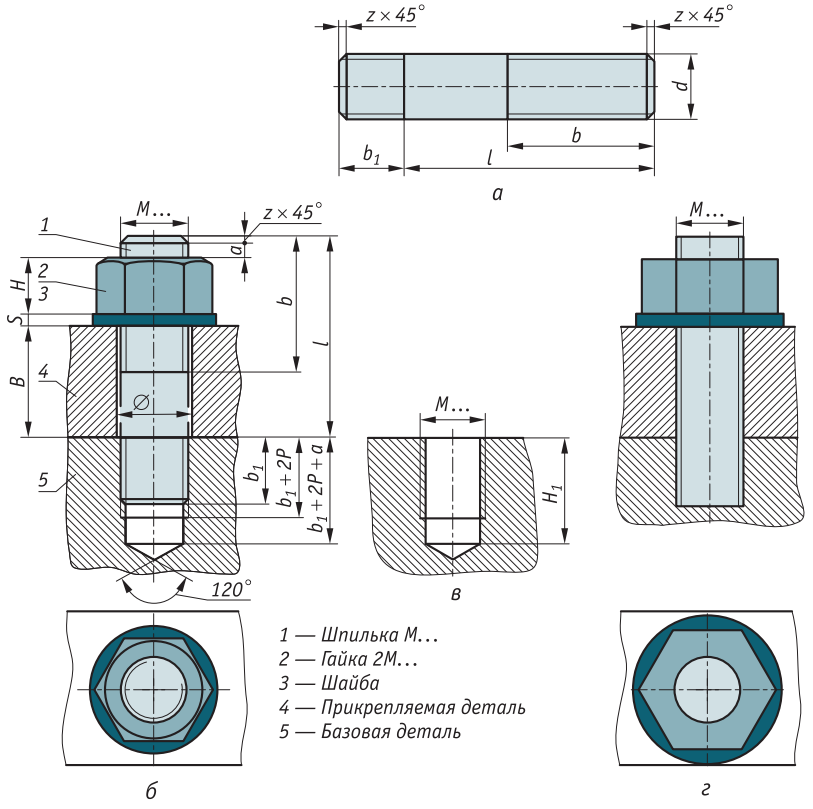


Рис. 6.5

от 2 до 48 мм для соединения деталей с резьбовыми (ГОСТ 22032—76) и гладкими (ГОСТ 22042—76) отверстиями и *двусторонние фланцевые* (ГОСТ 9066—75) для фланцевых соединений трубопроводов, корпусов паровых котлов, газовых турбин, арматуры приборов и аппаратов.

Шпильки общего применения бывают двух типов: тип А — с одинаковыми номинальными диаметрами резьбы и гладкой части (тип А в условном обозначении не указывается); тип Б — с диаметром гладкой части, приблизительно равным среднему диаметру резьбы. Длина резьбового конца шпильки b_1, ввинчиваемого в деталь и называемого посадочным, зависит от материала детали, в которую шпилька ввинчивается, и принимается равной: $b_1 = d$ для прочных и пластичных материалов (сталь, бронза, латунь); $b_1 = 1{,}25d$ для серых и ковких чугунов; $b_1 = 2d$ для легких сплавов

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

(алюминий, дураль), где d — номинальный диаметр резьбы шпильки.

На другой конец длиной b навинчивают гайку. Участок стержня длиной l называется длиной шпильки. Размеры шпилек общего применения стандартизованы и зависят от номинального диаметра резьбы и длины резьбы гаечного конца (ГОСТ 22032—76, ГОСТ 22033—76).

При соединении деталей шпильку проводят через отверстие одной или нескольких деталей и ввинчивают в базовую деталь (рис. 6.5, *б*). Отверстие с резьбой в базовой детали бывает глухим или сквозным. Угол при вершине конуса глухого отверстия равен 120°.

Глубина глухого резьбового отверстия (рис. 6.5, *в*) определяется по формуле

$$H_1 = b_1 + 2P + a,$$

где b_1 — длина ввинчиваемого конца шпильки, зависящая от материала детали, в который шпильку ввинчивают; P — шаг резьбы, мм; a — недорез, мм (ГОСТ 10549—80).

Длину нарезанной части стержня подсчитывают по формуле

$$b = b_1 + 2P, \text{ мм}.$$

Длину шпильки определяют по формуле

$$l = b_1 + B + s, \text{ мм},$$

где B — толщина присоединяемой детали, мм; s — толщина шайбы, мм.

Затем длину шпильки принимают равной ближайшему стандартному значению. Конструктивное изображение соединения деталей шпилькой см. на рис. 6.5, *б*; упрощенное — на рис. 6.5, *г*.

Пример условного обозначения шпильки в конструкторской документации:

$$\text{«Шпилька } 2\text{M16}\times\frac{1,5-3\text{n}(3)}{6\text{g}}\times 120.66.05 \text{ ГОСТ } 22033—76\text{»},$$

что означает: шпилька исполнения 2 с диаметром резьбы 16 мм, с мелким шагом 1,5 мм, с полем допуска резьбы 3n(3) на ввинчиваемом конце, с крупным шагом с полем допуска 6g на гаечном конце, длиной 120 мм, класса прочности 6.6, с покрытием 0,5.

6.2.3. Соединения деталей винтами

Винт — это цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется конструктивный элемент для передачи крутящего

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

момента, а на другом — резьба для ввинчивания в деталь. Конструктивный элемент представляет собой головку с шлицем или накаткой, а при отсутствии головки — шлиц в торце стержня.

Винты могут быть установочные и крепежные. *Установочные винты* (рис. 6.6, *а*, *б*) бывают без головки и с резьбой, заполняющей всю их цилиндрическую поверхность (ГОСТ 1476—93, ГОСТ 1477—93).

Крепежные винты различаются формой головки и могут быть:

а) с цилиндрической головкой по ГОСТ 1491—80 (рис. 6.6, *в*);

б) с полукруглой (сферической) головкой по ГОСТ 17473—80 (рис. 6.6, *г*);

в) с потайной головкой по ГОСТ 17475—80 (рис. 6.6, *д*);

г) с шестиугольной (ГОСТ 1481—84) или квадратной (ГОСТ 1482—84) призматическими головками;

д) с полупотайной головкой по ГОСТ 17474—80.

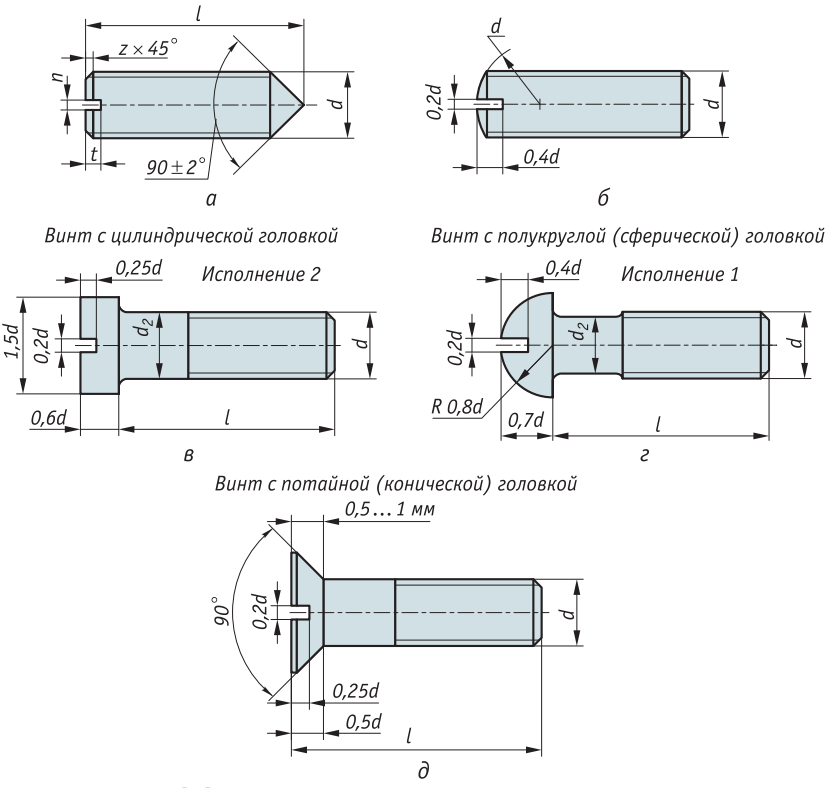


Рис. 6.6

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

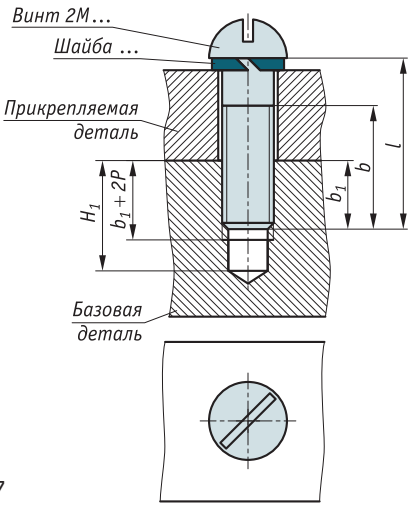


Рис. 6.7

Такие винты бывают двух исполнений по форме стержня:

- исполнения 1 — диаметр (d_2) ненарезанной части стержня меньше номинального диаметра резьбы и равен $d_2 = (d + d_1)/2$, где d_1 — внутренний диаметр резьбы;
- исполнения 2 — диаметр ненарезанной части стержня равен номинальному диаметру резьбы: $d_2 = d$.

При соединении деталей винтом конец резьбы винта не должен совпадать с линией разъема деталей (рис. 6.7). Длина ввинчиваемой части резьбы винта b_1 зависит от вязкости металла детали, в которую завинчивают винт, и принимается по аналогии с длиной ввинчиваемого конца шпильки. Также рассчитывают глубину гнезда (H_1) в базовой детали.

Пример условного обозначения винта в конструкторской документации:

«Винт А.2М12 × 1,25 — 6g × 50.4.8 ГОСТ 17473 — 80»,

что означает: винт с полукруглой головкой, класс точности А (повышенная), исполнение 2, номинальный диаметр метрической резьбы 12 мм, шаг резьбы мелкий 1,25 мм, поле допуска резьбы 6g, длина 50 мм, класс прочности 4.8, без покрытия.

6.2.4. Трубные соединения

Трубные соединения с использованием стандартных соединительных деталей — фитингов — применяют в трубопроводах для

водо- и газоснабжении. Для обеспечения плотности и прочности соединений применяют цилиндрическую и коническую резьбы (метрическую и дюймовую). Основной параметр этих соединений — величина условного прохода, мм, приблизительно равная внутреннему диаметру трубы $D_у$.

В зависимости от угла между осями соединяемых труб фитинги подразделяются на угольники (рис. 6.8, *а*), кресты (рис. 6.8, *б*), тройники (рис. 6.8, *в*), муфты (рис. 6.8, *г*). Простейшим является соосное соединение двух труб с помощью муфты (рис. 6.9, *а*). На трубе *1* длину резьбы определяют стандартом ГОСТ 3262—75. Глубина ввинчивания L_1 трубы в муфту больше указанной в стандарте длины резьбы за счет частичного использования сбега резьбы. Линию конца резьбы на трубе *1* совмещают с торцом муфты *2*.

На трубе *3* длину резьбы (сгона) L_2 определяют по формуле

$$L_2 = L + H, \text{ мм},$$

где L — длина муфты, мм; H — высота контргайки *4* (ГОСТ 8968—75), мм.

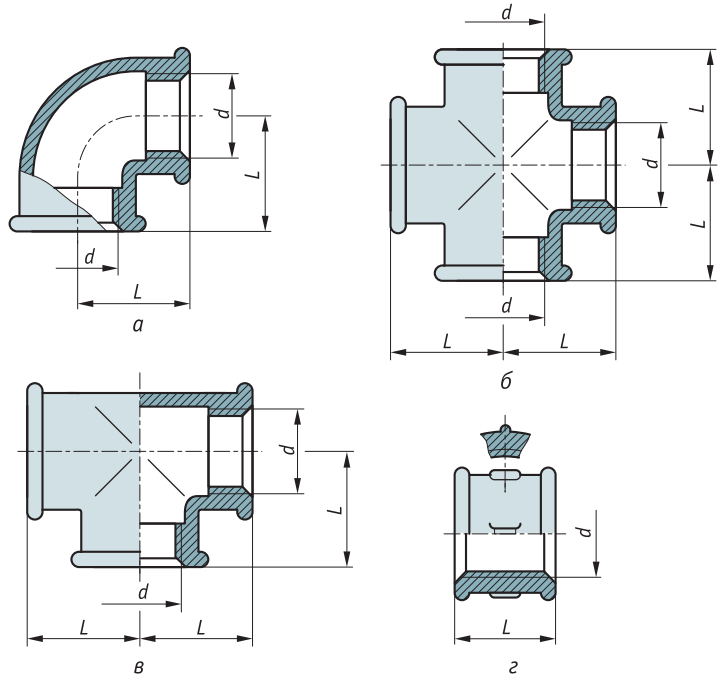


Рис. 6.8

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

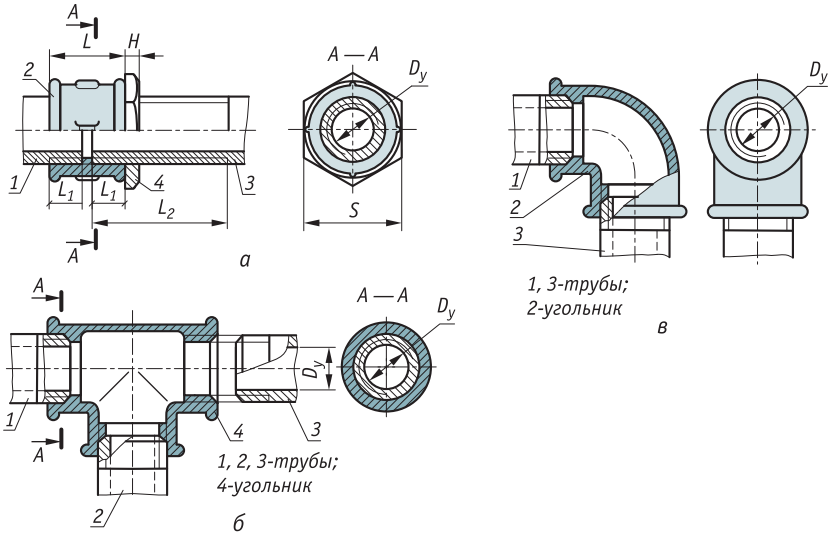


Рис. 6.9

Длина резьбы L_2 позволяет перед соединением труб навернуть муфту *2* и контргайку *4* на трубу *3*. Чертежи трубных соединений выполняют без упрощений, т. е. как конструктивные. Пример изображения трубного соединения с помощью тройника показан на рис. 6.9, *б*; с помощью угольника — на рис. 6.9, *в*.

Примеры условного обозначения трубы и тройника в конструкторской документации:

«Труба Ц — Р — 25 × 3,25 × 400 ГОСТ 3262 — 75»,

что означает: труба с цинковым покрытием, с условным проходом 25 мм, толщиной стенки 3,25 мм, длиной 4 000 мм;

«Тройник Ц — 25 × 15 × 20 ГОСТ 8950 — 75»,

что означает: тройник с цинковым покрытием, с двумя переходами и диаметрами условного прохода 25, 15 и 20 мм.

6.3. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ШТИФТАМИ

Штифт — это изделие, имеющее вид стержня круглого поперечного сечения. Наиболее распространены штифты цилиндрические трех типов (рис. 6.10, *а*) и конические двух типов (рис. 6.10, *б*). Штифты применяются для фиксации деталей в опреде-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

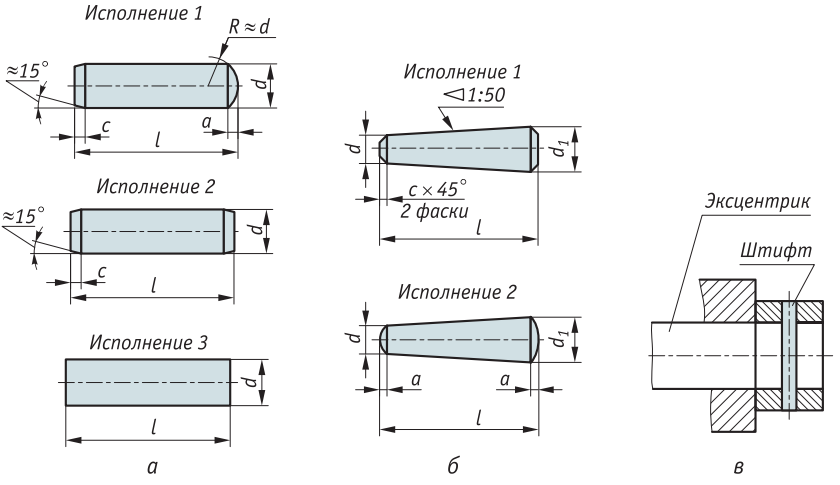


Рис. 6.10

ленном положении (установочные штифты) при их соединении, а также для предохранения деталей соединения от разрушения. При изображении в разрезе штифтового соединения штифт как сплошное тело показывают нерассеченным (рис. 6.10, *в*). Определяющими размерами штифтов являются диаметр *d* (от 0,6 до 50 мм) и длина *l*. Эти размеры стандартизованы ГОСТ 3128—70 (штифты цилиндрические), ГОСТ 3129—70, ГОСТ 9464—79 (штифты конические).

Пример условного обозначения штифта в конструкторской документации:

«Штифт 10m6×80 ГОСТ 3128—70»,

что означает: штифт цилиндрический исполнения 1, с диаметром *d* = 10 мм, предельным отклонением диаметра m6, длиной *l* = 80 мм, без покрытия.

6.4. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ШПОНКАМИ

Шпонка — это изделие, обеспечивающее соединение деталей путем закрепления ее в углублениях (пазах) этих деталей. Назначение шпонок — передача крутящего момента от одной детали (вала) к другой (шкиву, зубчатому колесу, втулке).

Шпонки по форме бывают:

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

- призматические (ГОСТ 23360 — 78) и призматические направляющие (ГОСТ 8790 — 79) трех исполнений: со скруглением двух концов, без скругления концов, со скруглением одного конца (рис. 6.11, *а*);
- клиновые (ГОСТ 24068 — 80) в форме клина с уклоном 1 : 100 четырех исполнений (рис. 6.11, *б*);

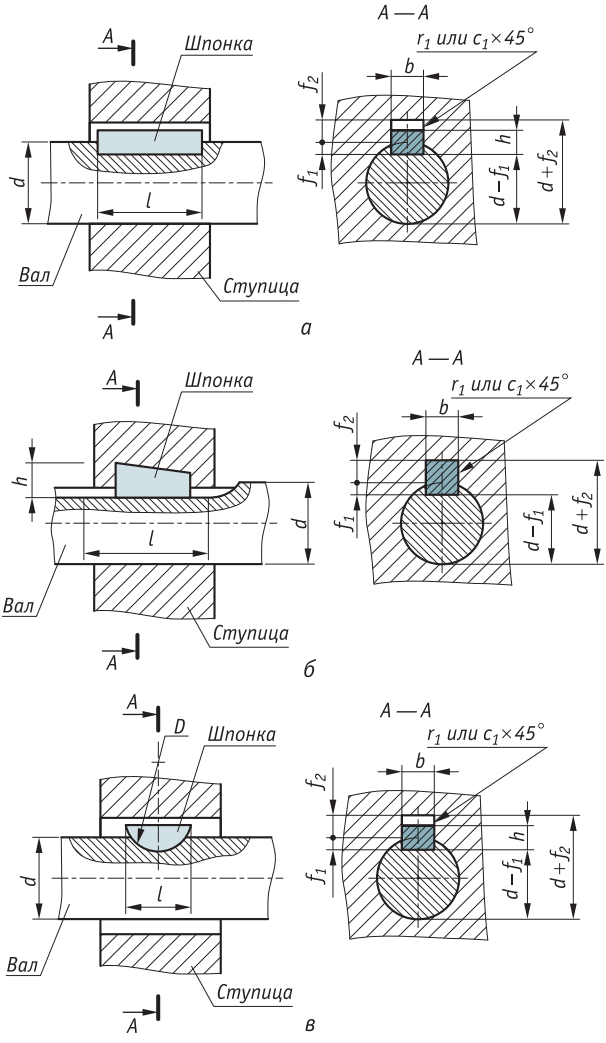


Рис. 6.11

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

- сегментные (ГОСТ 24071—97) нормальной и низкой форм (рис. 6.11, *в*).

Размеры шпонок и пазов на валах и ступицах определяют по стандартам в зависимости от диаметра вала d.

Пример условного обозначения шпонки в конструкторской документации:

«Шпонка 2 — 12×8×32 ГОСТ 23360—78»,

что означает: призматическая шпонка исполнения 2, с размером поперечного сечения $b \times h = 12 \times 8$ мм, длиной $l = 32$ мм.

6.5. СОЕДИНЕНИЯ КЛИНОВЫЕ

Клиновое соединение — это разъемное соединение, обеспечивающее быструю сборку и разборку соединяемых деталей и применяемое для стягивания деталей и регулирования зазоров между ними.

Клиновые соединения бывают силовые и установочные. Чаще клин представляет собой металлический брусок (рис. 6.12), забиваемый в отверстия скрепляемых деталей, одна сторона которого обработана с уклоном от 1 : 50 до 1 : 40 (односкосный клин). Угол клина α (α ≤ 2φ, где φ — угол трения) выполняют таким,

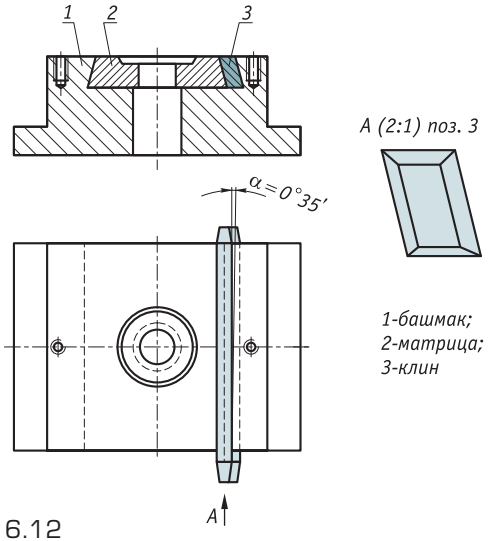


Рис. 6.12

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

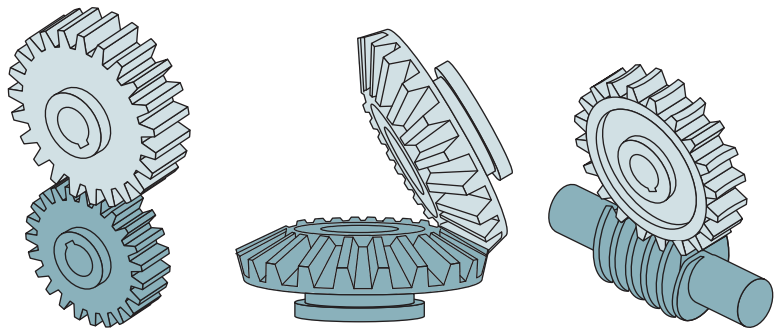
чтобы под действием сил, перпендикулярных оси клина, он не выжимался из отверстия, так как клин должен отвечать условиям самоторможения. Этому условию отвечают клинья, у которых tg α >1/30. Реже встречаются двухскосные клинья.

6.6. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Зубчатые передачи (соединения) применяют для передачи вращательного движения от одного элемента механизма к другому с изменением вращающих моментов и для преобразования вращательного движения в поступательное, и наоборот. Движение между параллельными валами передают цилиндрические зубчатые колеса (рис. 6.13, *а*); между пересекающимися валами — конические (рис. 6.13, *б*); между перекрещивающимися валами — червячные передачи, состоящие из червяка и червячного колеса (рис. 6.13, *в*). Колесо с меньшим числом зубьев называется *шестерней*, а с бóльшим — *колесом*.

При одинаковом числе зубьев колесо, передающее движение другому колесу, называется *ведущим* (шестерней), а колесо, принимающее движение, — *ведомым*. Параметры шестерней обозначают нечетными индексами, а параметры ведомых колес — четными. Основные термины, определения и обозначения элементов цилиндрических зубчатых передач приведены в ГОСТ 16530—83, ГОСТ 16531—83 и ГОСТ 16532—70.

На чертежах зубчатых колес показывают: делительные окружности, диаметр которых обозначают *d*; диаметр окружности вер-



а *б* *в*

Рис. 6.13

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

шин — d_a; диаметр окружности впадин — d_f (рис. 6.14, *а*). Делительная окружность делит зуб колеса на две неравные части (рис. 6.14, *б*). Часть зуба, заключенная между окружностью вершин и делительной окружностью, называется *головкой зуба*. Ее высота $h_a = m$, где m — модуль зацепления (ГОСТ 9563—60).

Часть зуба, находящаяся между делительной окружностью и окружностью впадин, называется *ножкой зуба*. Ее высота $h_f = 1{,}25m$.

Расстояние p_a между осевыми линиями двух соседних зубьев, измеренное по дуге делительной окружности, называется *шагом зацепления*. Зубчатые колеса, находящиеся в зацеплении, должны иметь одинаковый шаг.

Условные изображения цилиндрических зубчатых колес и их внешнего зацепления (рис. 6.15, *а*), конических зубчатых колес и их внешнего зацепления с пересечением осей под прямым углом (рис. 6.15, *б*), червячного колеса и его зацепления с цилиндрическим червяком (рис. 6.15, *в*), рейки и ее зацепления (рис. 6.15, *г*) выполняют согласно ГОСТ 2.402—68. При этом зубья зубчатых колес и витки червяков вычерчивают только в осевых разрезах и сечениях, а зубья реек — в поперечных. В остальных случаях зубья и витки не вычерчивают и изображаемые детали ограничивают поверхностями выступов.

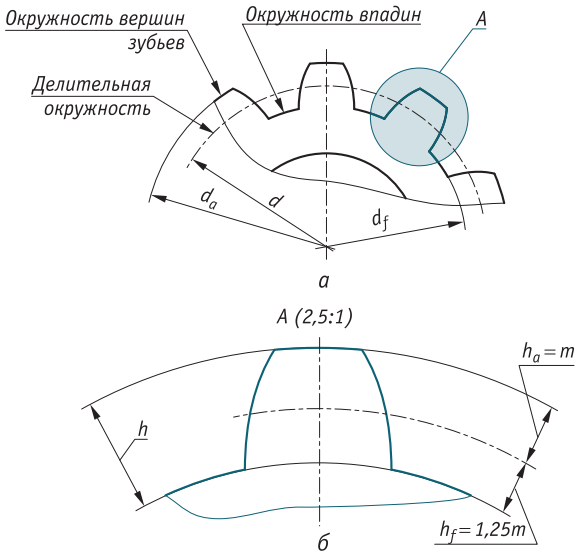


Рис. 6.14

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

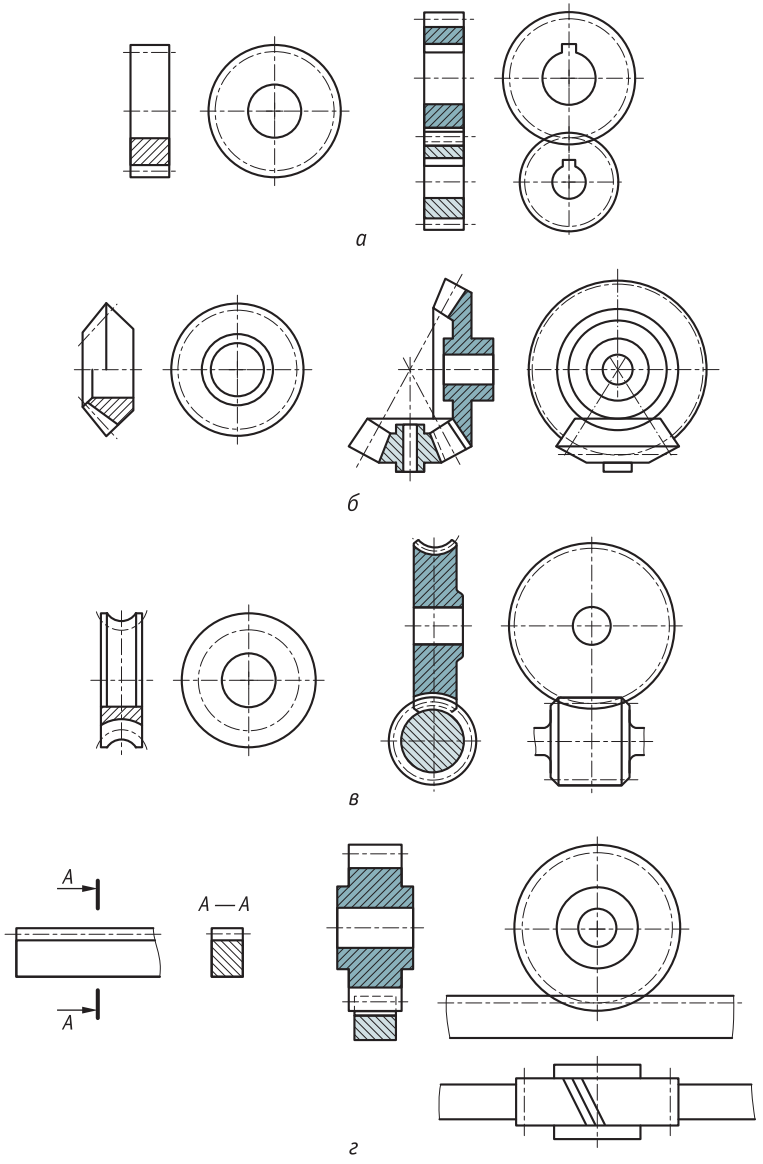


Рис. 6.15

Если необходимо показать профиль зуба или витка, то вычерчивают зуб или виток на выносном элементе; допускается показывать их на ограниченном участке изображения детали. Если

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса, то на разрезах и сечениях зубчатых колес, а также на поперечных разрезах и сечениях реек и червяков зубья и витки условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают нерассеченными, независимо от угла наклона зуба или угла подъема витка. Если секущая плоскость проходит через оси обоих зубчатых колес, находящихся в зацеплении, то в разрезе в зоне зацепления зуб одного из колес (предпочтительно, ведущего) показывают расположенным перед зубом сопрягаемого колеса.

Если секущая плоскость проходит через ось червячного колеса или червяка, то виток червяка показывают расположенным перед зубом колеса. Если секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса реечного зацепления, то зуб колеса показывают перед зубом рейки.

Если необходимо показать направление зубьев зубчатого колеса, рейки или витков червяка, то на изображении поверхности зубьев или витков наносят (как правило, вблизи оси) три сплошные тонкие линии с соответствующим наклоном.

На изображении зубчатого или реечного зацепления направление зубьев указывают на одном из элементов зацепления (см. рис. 6.15, *г*). На сборочных чертежах зубчатых соединений показывают три условные окружности: начальную окружность, окружности выступов и впадин. Начальная — это окружность, проходящая через полюс зацепления *P*, который находится на линии центров колес. *Полюс зацепления* зубчатой передачи — это точка пересечения линии центров двух колес с общей нормалью к сопряженным профилям в точке их касания. Начальные окружности двух находящихся в зацеплении колес касаются друг друга в точке *P*, в отличие от делительных окружностей. На чертежах начальные окружности проводят тонкими штрихпунктирными линиями. Окружности и образующие поверхностей вершин и впадин зубьев, а также витков червяка в разрезах и сечениях проводят на всем протяжении и в зоне зацепления сплошными основными линиями. Допускается окружности и образующие поверхностей впадин зубьев и витков червяка показывать на видах сплошными тонкими линиями.

6.7. СОЕДИНЕНИЯ ШЛИЦЕВЫЕ

Шлицевые соединения, как и шпоночные, применяют для передачи вращающего момента от одной детали (вала, оси) к другой

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

(зубчатому колесу, втулке и др.). Зубчатое шлицевое соединение осуществляется при помощи продольных выступов — зубьев (шлицев), входящих в соответствующие выемки сопрягаемых деталей (рис. 6.16, *а*). По форме профиля зубьев соединения подразделяются на прямобочные (рис. 6.16, *б*), эвольвентные (рис. 6.16, *в*) и *треугольные* (рис. 6.16, *г*). Шлицы и пазы располагаются параллельно осям вала и колеса.

При изображении (рис. 6.17) зубчатых валов, отверстий и их соединений (ГОСТ 2.409—74) образующие и окружности поверхностей выступов валов и втулок обводят сплошными основными линиями; образующие и окружности поверхностей впадин валов и втулок — сплошными тонкими линиями; на продольных разрезах валов (см. рис. 6.17, *а*) и втулок (см. рис. 6.17, *б*) образующие поверхностей впадин обводят сплошными основными линиями; на видах сбоку и в разрезах, полученных сечением валов и втулок плоскостями, перпендикулярными их осям, изображают упрощенно (без фасок и проточек) профиль одного зуба и двух впадин; образующие делительных поверхностей и их окружности для эвольвентных и треугольных профилей зубчатых соединений наносят штрихпунктирной линией; зубчатую часть детали от остальной ее

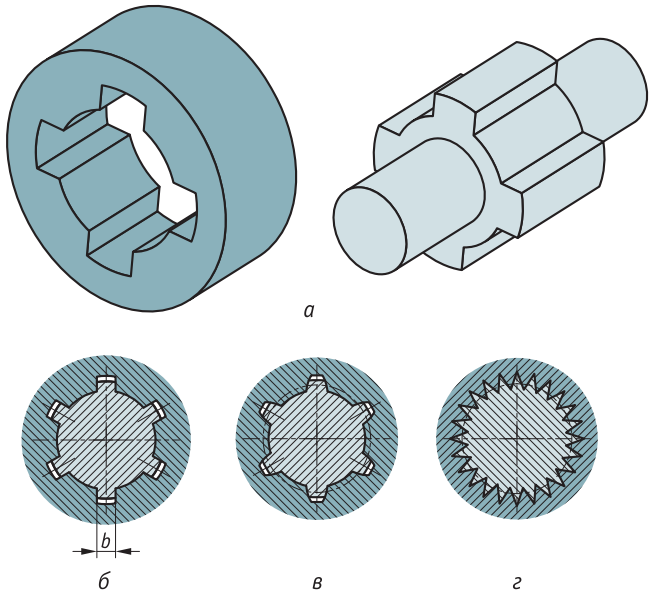


Рис. 6.16

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

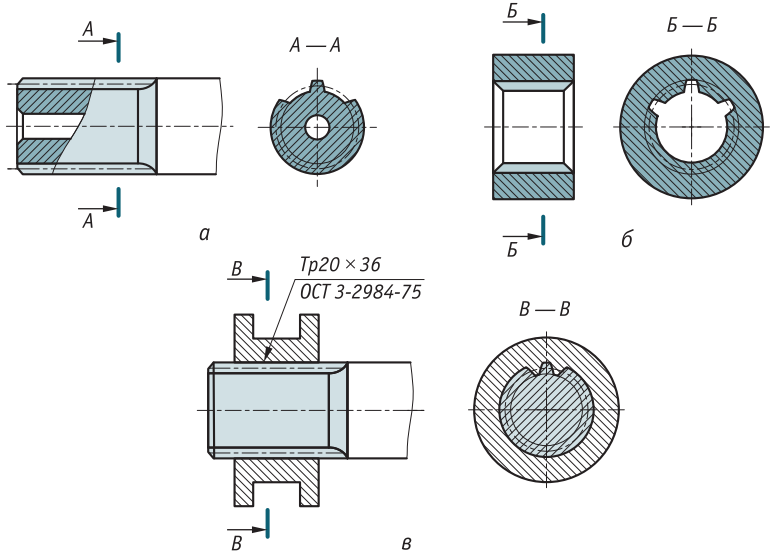


Рис. 6.17

поверхности, а также границу между зубьями полного профиля и сбегом отделяют сплошной тонкой линией; радиальный зазор между зубьями и впадинами вала и втулки не показывают.

На рабочих чертежах зубчатых валов и втулок указывают: длину зубьев полного профиля, диаметр выступов, диаметр впадин, толщину зубьев вала (или ширину впадин отверстия), величину фасок и шероховатость поверхностей.

Пример условного обозначения шлицевого соединения в конструкторской документации:

«Тр 20 × 36 ОСТ 3-2984 — 75»,

что означает: шлицевое соединение с треугольным профилем, номинальным диаметром $D = 20$ мм и числом зубьев $z = 36$ (см. рис. 6.17, *в*).

6.8. СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ

Сваркой (согласно ГОСТ 2601 — 84) называется процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их местном

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

или общем нагреве и (или) пластическом деформировании. Сварные соединения в зависимости от технологии изготовления подразделяют на соединения, получаемые без приложения внешних сил (с помощью электродуговой, электрошлаковой, газовой сварки и др.); соединения, получаемые контактной сваркой, при которой нагретые до пластического состояния материалы сдавливаются за счет сил внешнего воздействия (ультразвуковая, кузнечная, газопрессовая сварка и др.).

Сварные соединения по взаимному расположению соединяемых элементов подразделяются:

- на стыковые (С) — детали соединяются встык по торцевым поверхностям (рис. 6.18, *а*);
- угловые (У) — детали располагаются под углом и соединяются в месте примыкания их краев (рис. 6.18, *б*);
- тавровые (Т) — торец одной детали примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другой детали (рис. 6.18, *в*);

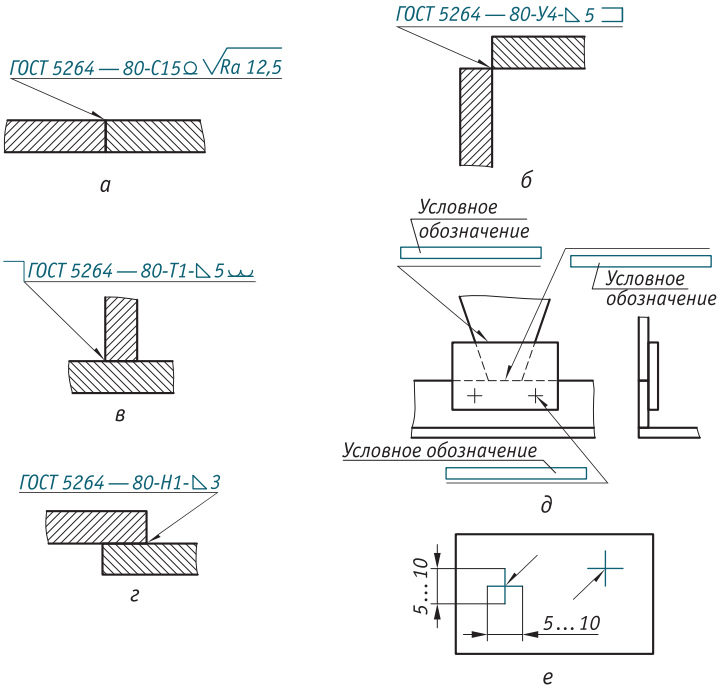


Рис. 6.18

- нахлесточные (Н) — детали располагаются параллельно и частично перекрывают друг друга по боковым поверхностям (рис. 6.18, *г*).

Для всех видов сварки ГОСТ 2.312—72 устанавливает условные изображения и обозначения (рис. 6.19) швов и одиночных сварных точек в конструкторской документации. Видимые сварные швы на чертеже показывают сплошными основными линиями, невидимые — штриховыми (рис. 6.18, *g*). Видимую одиночную сварную точку условно изображают знаком «+», выполненным сплошными основными линиями (рис. 6.18, *е*). Невидимую одиночную сварную точку не изображают.

От изображения шва или одиночной сварной точки проводят линию-выноску, начинающуюся односторонней стрелкой (см. рис. 6.18, *g*, *е*). Линию-выноску предпочтительнее проводить от изображения видимого контура шва. Условное обозначение шва наносят над полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны, и под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны. Вспомогательные знаки условного обозначения швов приведены в табл. 6.1.

При наличии на чертеже нескольких одинаковых швов обозначение наносят у одного изображения, а от остальных проводят линии-выноски с полками для указания номера шва. Одинаковым швам присваивают один номер; его наносят на линии-выноске с полкой, на которой находится обозначение шва, и указывают число швов. У остальных швов наносят только номер шва — соответственно над полкой или под полкой линии-выноски.

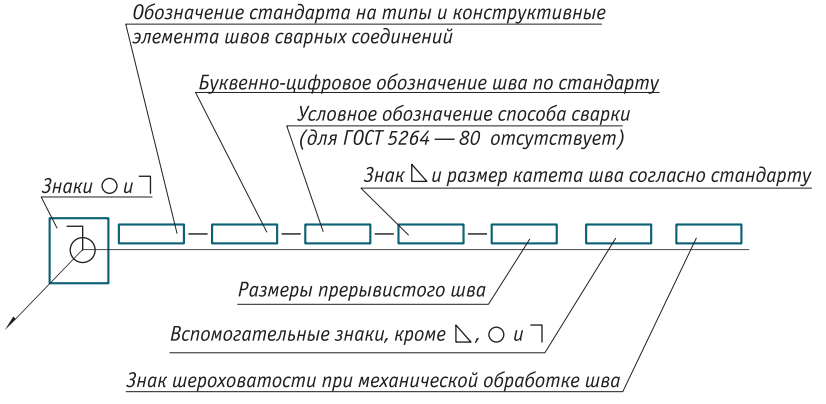


Рис. 6.19

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 6.1

Знак	Значение знака	Расположение знака	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Выпуклость шва снять		
	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов по незамкнутой линии (знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа)		
	Шов по замкнутой линии (диаметр знака — 3...5 мм)		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его на месте применения		
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением (угол наклона линии — около 60°)		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
	Знак шва, проставляемый перед размером его катета по стандарту		

Если все швы одинаковы и изображены на чертеже с одной стороны (лицевой или оборотной), то порядковый номер им не присваивают, швы без обозначения отмечают линиями-выносками без полок, а обозначение шва приводят один раз в технических требованиях чертежа. При наличии оси симметрии на изображении симметричного изделия допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы на одной из симметричных частей изображения изделия.

Пример условного обозначения сварного шва:

« ГОСТ 5264—80-Т1- 5 »,

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

что означает: ручная электродуговая сварка при монтаже, соединение тавровое (Т1), катет шва 5 мм, с плавной обработкой наплывов и неровностей шва.

6.9. СОЕДИНЕНИЯ КЛЕПАНЫЕ

Клепаными называются соединения, в которых в качестве крепежных изделий применяют заклепки. Заклепка представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется закладная головка, а замыкающая головка на другом конце стержня формируется при монтаже изделия в процессе клепки (ГОСТ 10304—80).

Заклепки подразделяются по форме закладных головок на следующие типы:

- с полукруглой (ГОСТ 10299—80) головкой (рис. 6.20, *а*);
- с потайной (ГОСТ 10300—80) головкой (рис. 6.20, *б*);
- с полупотайной (ГОСТ 10301—80) головкой (рис. 6.20, *в*);
- с плоской (ГОСТ 10303—80) головкой (рис. 6.20, *г*) и др.

Швы клепаных соединений по назначению подразделяются на прочные, плотные и прочноплотные. Примеры клепаных соедине-

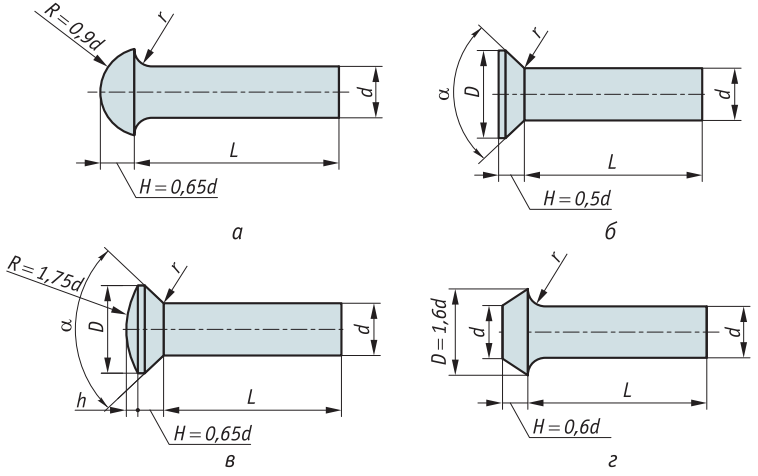


Рис. 6.20

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

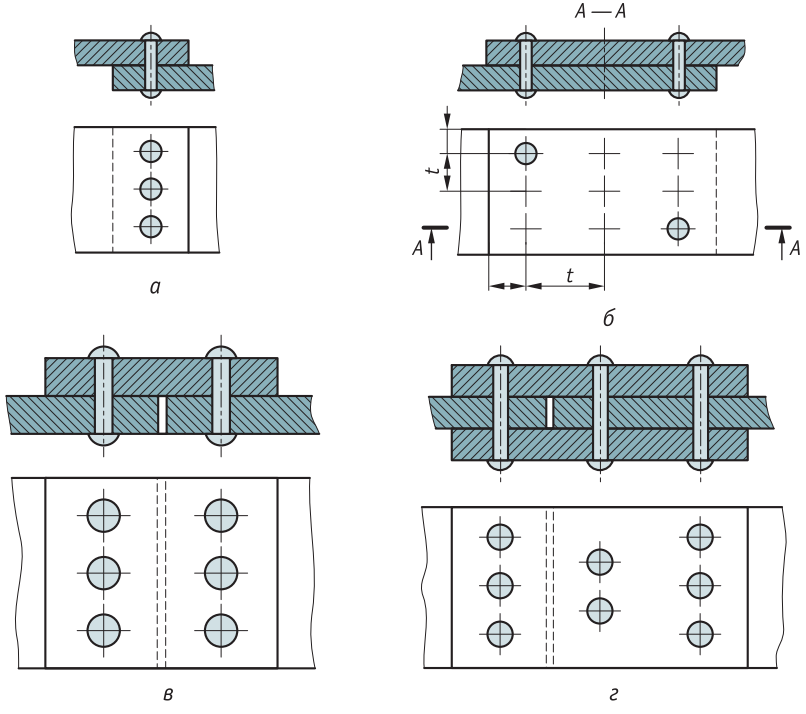


Рис. 6.21

ний в зависимости от количества и места расположения швов на соединяемых деталях показаны на рис. 6.21.

Нахлесточные клепаные соединения с одной накладкой однорядные показаны на рис. 6.21,*а*, многорядные — на рис. 6.21,*б*. Стыковые клепаные многорядные соединения с одной накладкой показаны на рис. 6.21, *в*, с двумя накладками — на рис. 6.21, *г*.

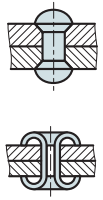
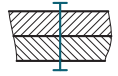
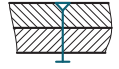
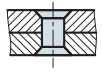
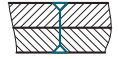
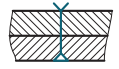
На рис. 6.21, *а*...*в* представлены клепаные соединения с параллельным расположением рядов заклепок, на рис. 6.21, *г* — с шахматным расположением рядов заклепок.

Заклепку устанавливают в подготовленные согласно ГОСТ 11284—75 отверстия в соединяемых деталях и расклепывают ее выступающий конец до формирования замыкающей головки. Диаметр отверстия принимают немного большим, чем диаметр стержня заклепки.

При выполнении рабочих чертежей заклепки вычерчивают по действительным размерам или условно согласно ГОСТ 2.313—82 (табл. 6.2), а также по относительным размерам (см. рис. 6.20).

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 6.2

Вид соединения	Изображение	Условное изображение	
		в сечении	на виде
Заклепками с полукруглой, плоской, скругленной закладными головками и с такими же замыкающими головками			
Заклепками с потайными закладными головками и с полукруглой, плоской, скругленной замыкающими головками			
Заклепкой с потайной закладной головкой и с потайной замыкающей головкой			
Заклепкой с полупотайной закладной головкой и с потайной замыкающей головкой			

При выполнении рабочих чертежей клепаных соединений допускается в проекции, перпендикулярной оси, заклепки изображать в одном-двух местах, а остальные показывать условно знаком «+», нанесенным тонкими линиями. В разрезах заклепки показывают в начале и конце соединения, а остальные — центровыми или осевыми линиями.

Расстояние *t* между осями двух соседних заклепок, измеренное параллельно кромке шва, называется *шагом*.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Заклепка С10×24.38.М3.Н6 ГОСТ 10299—80»,

что означает: заклепка повышенной точности (С, класс В не указывают) с полукруглой головкой; 10 — диаметр стержня, мм; 24 — длина, мм; 38 — условное обозначение марки (группы) материала; М3 — марка материала (указывают для групп 01, 03, 38 и др.); Н6 — с никелевым покрытием толщиной 6 мкм.

6.10. СОЕДИНЕНИЯ ПАЯНЫЕ И КЛЕЕНЫЕ

Пайка — процесс соединения деталей в нагретом состоянии посредством расплавленного присадочного материала (припоя), температура плавления которого ниже температуры плавления металла соединяемых деталей. Соединение деталей получают путем заполнения зазора между ними расплавленным припоем. На чертежах швы неразъемных соединений, получаемых пайкой и склеиванием, изображают условно в соответствии с ГОСТ 2.313—82.

Припой или клей в разрезах и на видах изображают сплошной линией толщиной 2*s*. Для обозначения пайки и склеивания применяют условные знаки. Пайку обозначают в виде дуги, а склейку — знаком.

На рис. 6.22 приведены условные изображения и обозначения швов соединений (на рис. 6.22, *а*...*в* — соединения пайкой, на рис. 6.22, *г*...*е* — соединения склеиванием).

Знаки наносят на линии-выноске от сплошной основной линии. При обозначении выполненных по периметру паяных швов линия-выноска заканчивается окружностью диаметром 3...5 мм. На изображении паяного соединения при необходимости указывают размеры шва и обозначение шероховатости поверхности. Требования к качеству паяных и клееных швов приводят в техни-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

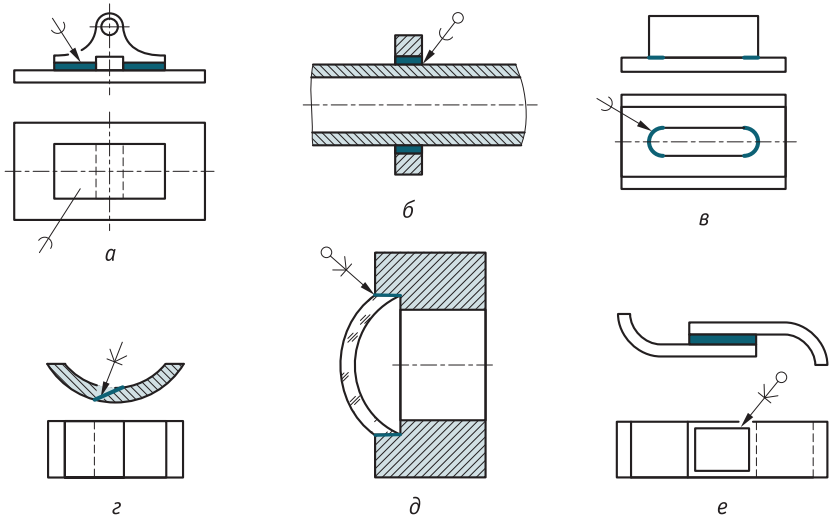


Рис. 6.22

ческих требованиях, а на полке линии-выноски дают ссылку на номер соответствующего пункта требований, где указана марка припоя или клея.

Примеры условного обозначения припоя и клея в конструкторской документации:

«Припой Прв КР2 ПОС61 ГОСТ 21931—76»,

что означает: припой в виде проволоки круглого сечения диаметром 2 мм марки ПОС61;

«Клей БФ-4 ГОСТ 12172—74»,

что означает: клей марки БФ-4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличаются разъемные соединения от неразъемных?
2. От чего зависит длина болта?
3. От чего зависит длина посадочного конца шпильки?
4. Для чего предназначены винты установочные и крепежные?
5. Как обозначают штифты в конструкторской документации?
6. Что называют полюсом зацепления зубчатой передачи?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 7

ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

7.1. ЭЛЕМЕНТЫ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Каждая деталь представляет собой совокупность простейших геометрических тел или их элементов. Рассмотрим назначение этих элементов, используемых при конструировании изделий (рис. 7.1).

Бобышка — низкий цилиндрический, конический или комбинированный выступ в деталях для установки крепежных изделий (см. рис. 7.1, *а*).

Буртик — кольцевой выступ на цилиндрической поверхности валов, осей, втулок и других деталях (см. рис. 7.1, *б*).

Галтель — криволинейная поверхность плавного перехода от меньшего сечения вала к плоской части заплечика или буртика (см. рис. 7.1, *б*).

Лыска — плоский срез на цилиндрических, конических или сферических участках детали. Плоская поверхность лыски чаще всего параллельна геометрической оси детали. Лыски выполняются с одной или двух сторон детали и предназначены для захвата гаечным ключом (рис. 7.1, *в*).

Отверстие центровое — отверстия в деталях типа тел вращения, в которые входят центры станка или приспособления (см. рис. 7.1, *б*).

Паз — углубление или отверстие продолговатой формы, выполненное обычно вдоль геометрической оси детали, ограниченное с боков параллельными плоскостями. Например, шпоночный паз на валу (см. рис. 7.1, *б*).

Проточка — кольцевой желобок на стержне или кольцевая проточка в отверстии для выхода резьбонарезного инструмента (см. рис. 5.3, 7.1, *б*).

Ребро жесткости — тонкая стенка или выступ (см. рис. 7.1, *а*).

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

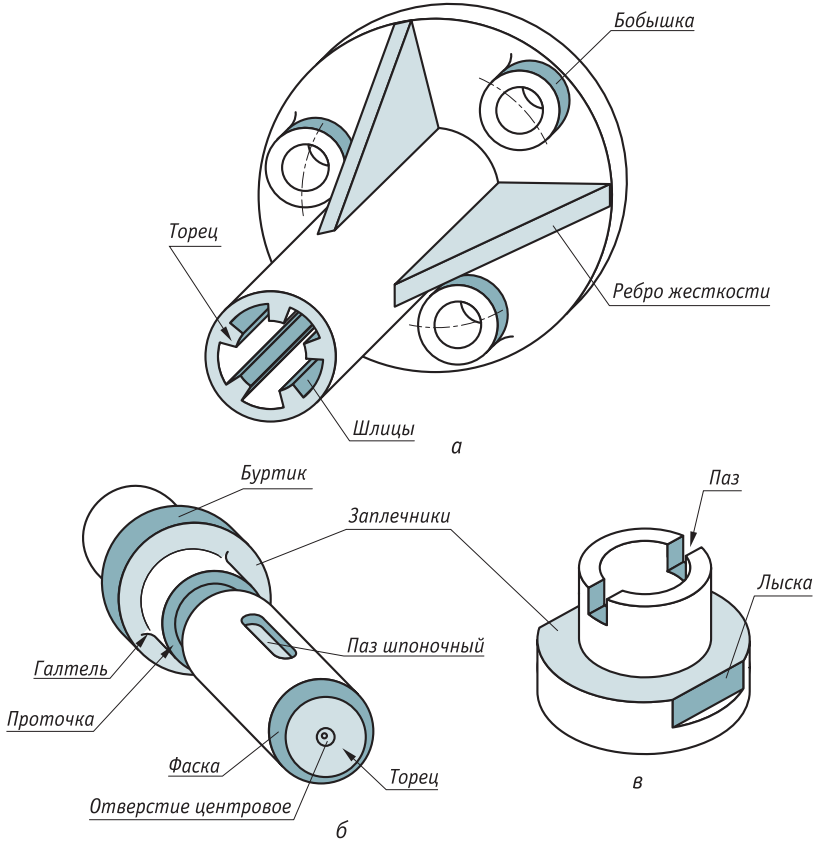


Рис. 7.1

Торец — крайняя поверхность детали, перпендикулярная ее горизонтальной оси (см. рис. 7.1, *б*).

Фаска — скошенная кромка цилиндрического стержня, бруска, листа или отверстия. Например, фаска вала — скошенная часть боковой поверхности у его торца — коническая поверхность (см. рис. 7.1, *б*).

Шлицы — выступы, расположенные на валу или в отверстии прямоугольного, треугольного или эвольвентного профиля (см. рис. 7.1, *а*), и пазы в виде прорези в головке винта (см. рис. 6.7) или шурупа, в который вставляется конец отвертки. Шлицом также называют канавку на деталях машин.

Рассматривая чертеж как конструкторский документ, отметим, что он содержит графическую и текстовую часть.

7.2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЧЕРТЕЖА

Стандартами предусмотрены следующие требования:

- чертеж выполняют на отдельном листе формата (ГОСТ 2.301—68);
- изображения на чертеже выполняют в масштабах (ГОСТ 2.302—68);
- чертеж должен содержать минимальное, но достаточное количество изображений, отображающих форму детали. ГОСТ 2.305—2008 подразделяет изображения в зависимости от их содержания на виды, разрезы и сечения;
- количество и характер изображений на чертеже выбирают так, чтобы они полностью определяли форму и размеры изделия и создавали удобство использования чертежа при изготовлении изделия;
- изображают с отступлением в сторону увеличения масштаба, принятого для всего изображения, элементы деталей на чертеже с размером (или разницей в размерах) 2 мм и менее;
- незначительную конусность или уклон изображают с увеличением и некоторым нарушением масштаба на видах, где они отчетливо не выявлены;
- мелкие детали сложной формы изображают в масштабах увеличения;
- крупные несложные детали изображают в масштабах уменьшения;
- фигуры сечения одной детали на всех изображениях заштриховывают в одном направлении;
- на чертеже при компоновке изображений оставляют место для нанесения размеров, условных обозначений, знаков. В случае необходимости оставляют место для технических требований и технических характеристик изделия (ГОСТ 2.316—68);
- при выполнении изображений не чертеже применяют допустимые стандартом условности и упрощения (см. подразд. 3.5).

7.3. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

При нанесении размеров на чертежах следует учитывать, что изображения на чертеже — виды, разрезы и сечения, обрывы и условности — предназначены только для разъяснения и выявления форм детали; для суждения о размерах изделия при его изготовлении пользуются проставленными на чертеже размерами.

7.3.1. Нанесение размеров на машиностроительных чертежах

При нанесении размеров на машиностроительных чертежах учитывают технологический процесс изготовления детали. Если изменилась технология обработки детали, то меняется способ указания размеров. Если неизвестны или не указаны способы изготовления детали, то размеры ставят, разделяя деталь на простейшие геометрические тела: цилиндр, конус, сферу, тор, призму и т.д. Деталь (рис. 7.2) состоит из геометрических тел: *1* — конус с цилиндрическим отверстием; *2* — шестиугольная призма с цилиндрическим отверстием; *3*, *4* — полые цилиндры, причем последний имеет наружную резьбу.

Поверхности, определяющие в совокупности геометрическую форму детали, подразделяются на сопрягаемые, свободные и др. (рис. 7.3). *Сопрягаемыми* называются поверхности, которые, со-

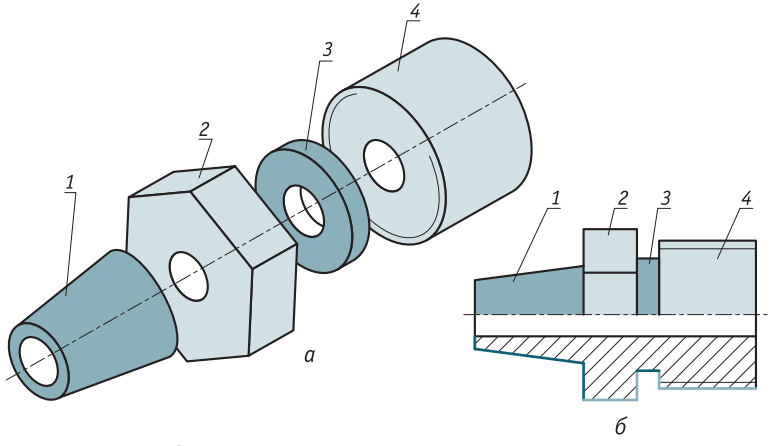


Рис. 7.2

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

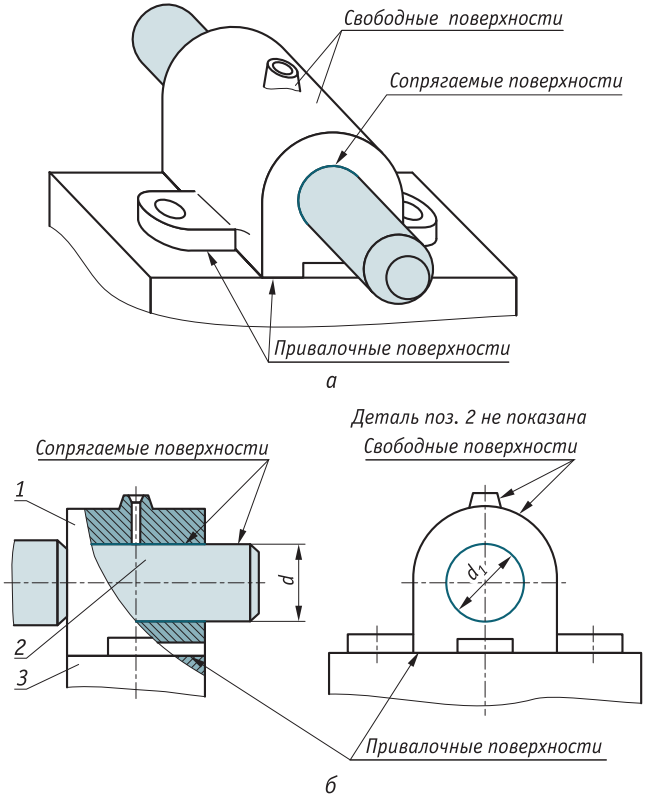


Рис. 7.3

прикасаясь с поверхностями деталей изделия, являются охватывающими или охватываемыми. Соприкасающиеся поверхности имеют одинаковый номинальный размер ($d_1 = d$) (см. рис. 7.3, *б*). *Свободными* называют поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей. Получают такие поверхности ковкой, штамповкой или литьем без дополнительной обработки.

При любом способе изготовления детали простановку размеров производят от ее поверхностей или линий, которые называются базами. От баз в процессе обработки и контроля производят обмер каждого элемента детали, а также ее габаритных размеров, т.е. наибольших размеров внешнего очертания детали (длины, высоты, ширины).

Различают конструкторские и технологические базы. *Конструкторские базы* — поверхности, линии и точки детали, относи-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

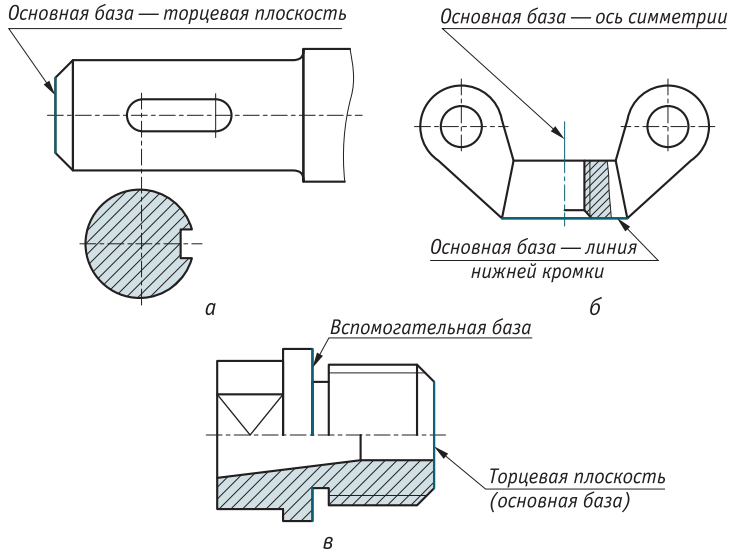


Рис. 7.4

тельно которых ориентируют другие элементы или другие изделия при конструировании новых. *Технологические базы* — поверхности, линии или точки, от которых при обработке удобнее производить обмер изделия.

Существуют также измерительные и сборочные базы. *Измерительная база* — база, от которой производят отсчет размеров при

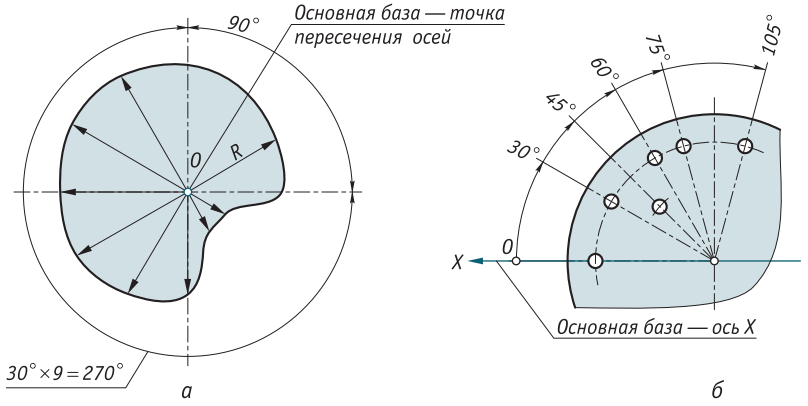


Рис. 7.5

изготовлении и контроле готового изделия. *Сборочная база* — база, по отношению к которой ориентируют детали изделия в процессе сборки.

В изделиях основными размерными базами бывают: плоскости, с которых начинают обработку, — торцевые или привалочные (рис. 7.4, *а*); прямые линии (оси симметрии, оси отверстий — скрытые базы) или взаимно перпендикулярные прямые — кромки детали (рис. 7.4, *б*); точка пересечения осей при разметке криволинейного контура детали (рис. 7.5, *а*); ось *Ox* для отсчета угловых размеров (рис. 7.5, *б*).

Если технологически нецелесообразно вести отсчет размеров от основной базы, то используют вспомогательную базу, которую обязательно связывают с основной (рис. 7.4, *в*).

7.3.2. Нанесение размеров на чертежах в зависимости от базы

В зависимости от выбранной технологической базы применяют три способа нанесения размеров элементов деталей: цепочкой, координатный и комбинированный. Если при изготовлении детали необходимо указывать все размеры элементов детали и не требуется высокая точность изготовления, то их наносят последовательно — *цепочкой*; при этом один из размеров обозначают как справочный*, так как он определяется габаритным размером детали — размер 15 (рис. 7.6, *а*). Недостаток способа — суммирование ошибок при изготовлении детали.

Координатный способ — размеры наносят от выбранной базы. Любой размер не зависит от других размеров детали. Этот способ применяют для обеспечения высокой точности расстояний от ее поверхности, например от торцевой плоскости (рис. 7.6, *б*), или при большом количестве размеров, наносимых от общей базы.

Комбинированный способ — сочетание способов нанесения размеров цепочкой и координатного (рис. 7.6, *в*).

Данный подраздел дополнен некоторыми положениями ГОСТ 2.307—68:

1) при нанесении размеров одинаковых элементов (например, отверстий), расположенных на поверхности изделия, размер на-

* Справочными называются размеры, которые по данному чертежу не выполняют, а указывают для большего удобства чтения чертежа. На чертеже справочные размеры отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «*Размер для справок».

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

носят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов (рис. 7.7, *а*); допускается указывать количество отверстий, как показано на рис. 7.7, *б*. Если на чертеже изделия несколько фасок одинакового размера, то их обозначают надписью типа: «2,5×45°» с указанием количества фасок (например: «3 фаски») (см. рис. 7.7, *б*);

2) при нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо

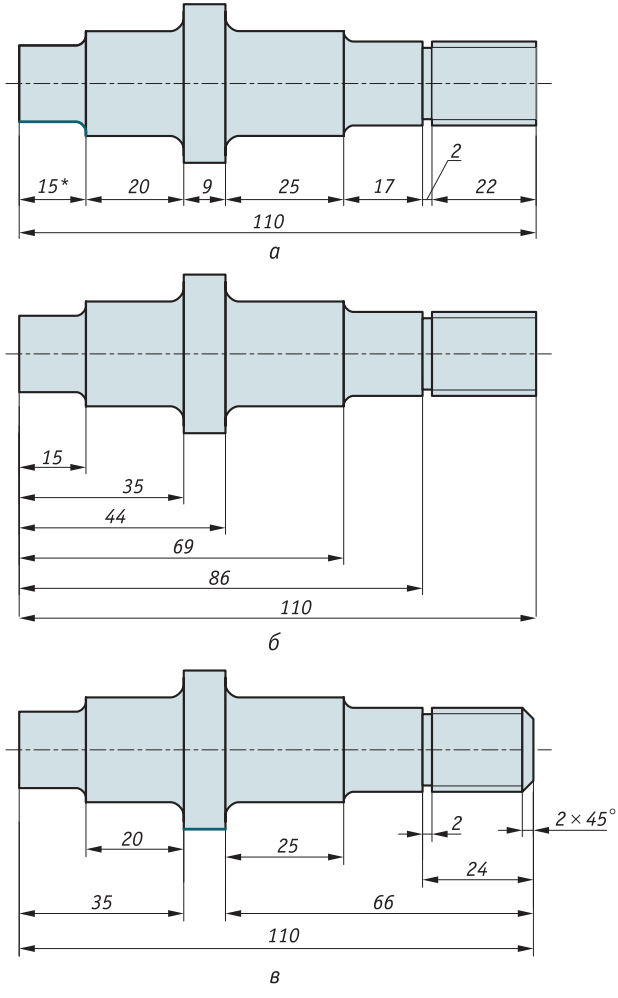


Рис. 7.6

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

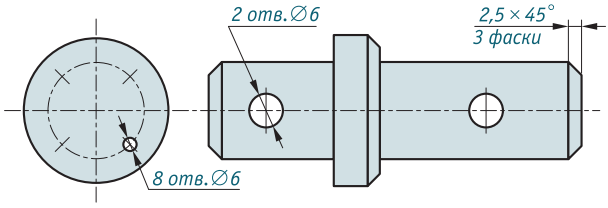


Рис. 7.7

угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают их количество (см. рис. 7.7, *а*), вычерчивая на чертеже одно отверстие, а остальные обозначают центровыми линиями;

3) размеры двух симметрично расположенных элементов, кроме отверстий, наносят один раз без указания их количества, группируя в одном месте все необходимые размеры. Количество одинаковых отверстий указывают полностью, а их размеры проставляют один раз (рис. 7.8);

4) для повторяющихся размеров, определяющих расстояние между одинаковыми элементами предмета (отверстия, пазы, проточки и т.д.), рекомендуется вместо размерных цепочек наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами и размера промежутка (рис. 7.9);

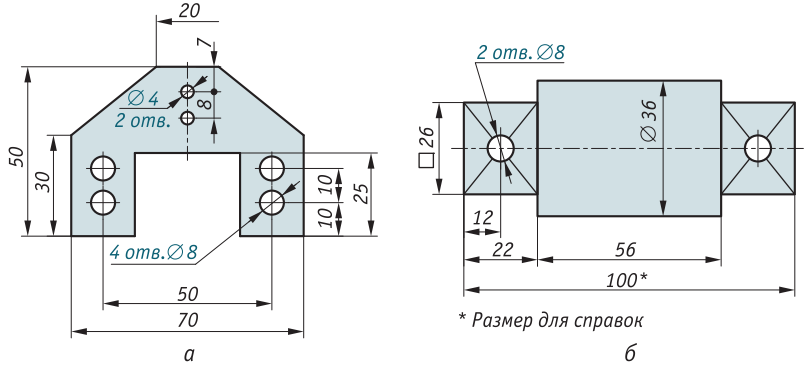


Рис. 7.8

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

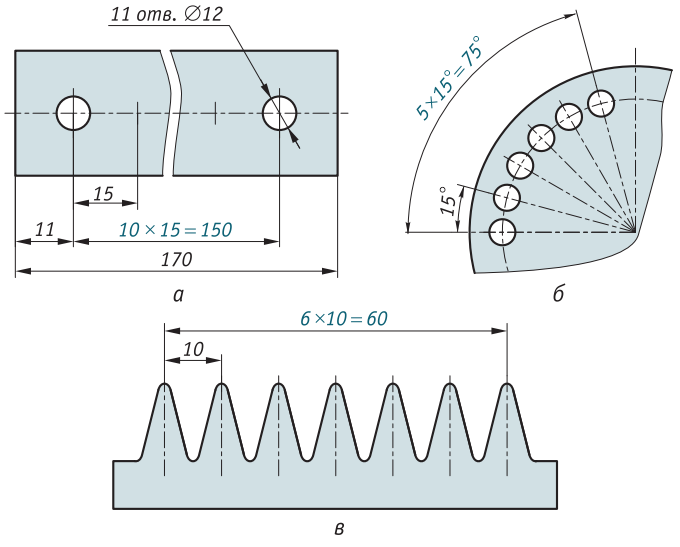


Рис. 7.9

5) при большом количестве размеров, нанесенных от общей базы, допускается при нанесении линейных и угловых размеров проводить общую размерную линию от отметки 0, а размерные числа наносить в направлении выносных линий у их концов (см. рис. 7.5, *б*, 7.10);

6) если одинаковые отверстия расположены на разных поверхностях одной детали и показаны на ее разных изображениях, то число этих отверстий записывают отдельно для каждой поверхности (рис. 7.11);

7) допускается повторять размеры одинаковых элементов изделия, лежащих на одной поверхности только в том случае, если они значительно удалены друг от друга и не связаны между собой (рис. 7.12);

8) одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия (например, отверстия), рассматривают как один элемент, если между ними нет промежутка (рис. 7.13, *а*) или если эти элементы соединены сплошными тонкими линиями (рис. 7.13, *б*). При отсутствии этих условий указывают полное количество элементов (рис. 7.13, *в*);

9) если отсутствует изображение отверстия в разрезе (сечении), проходящем вдоль его оси, то размеры проставляют, как показано в табл. 7.1.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

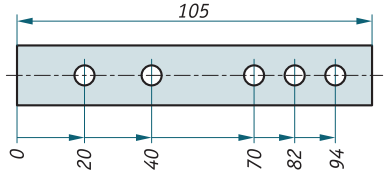


Рис. 7.10

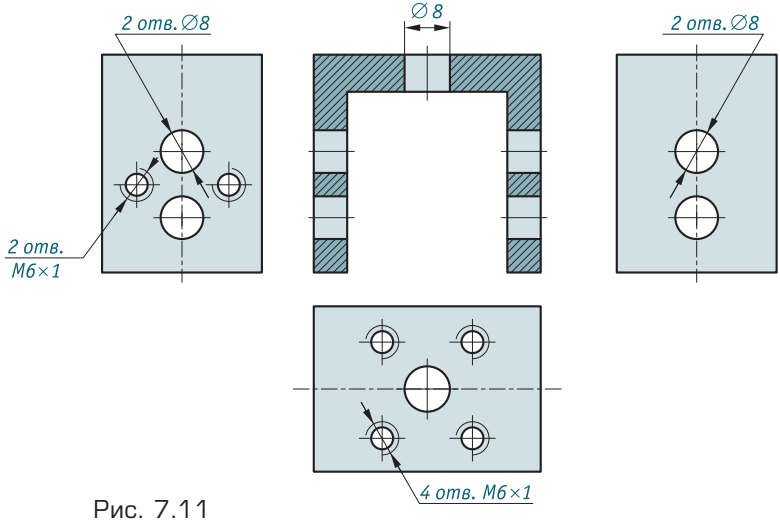


Рис. 7.11

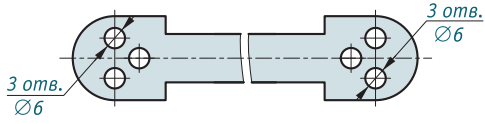


Рис. 7.12

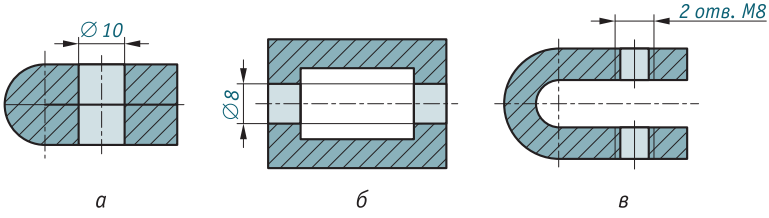
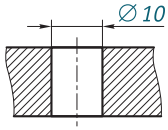
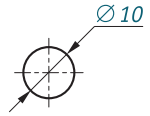
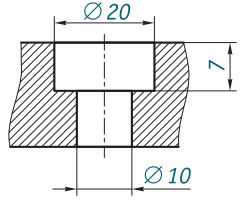
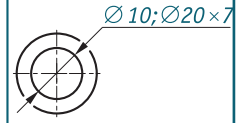
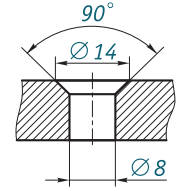
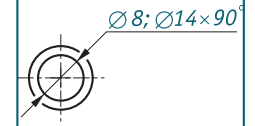
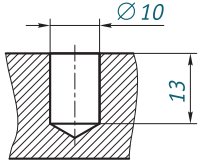
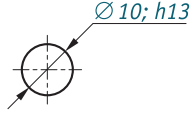
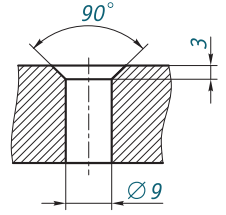
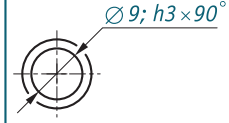
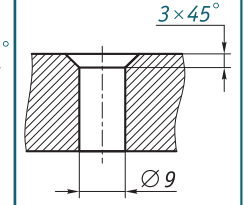
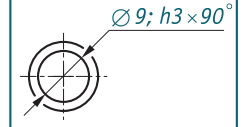


Рис. 7.13

Таблица 7.1

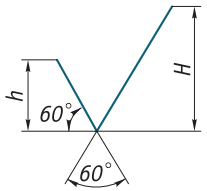
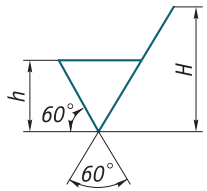
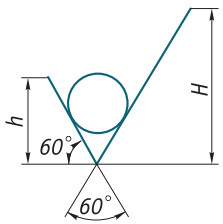
В разрезе	На виде при отсутствии разреза	В разрезе	На виде при отсутствии разреза	В разрезе	На виде при отсутствии разреза
					
					

7.4. ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ

При изготовлении детали выдерживают не только размеры элементов деталей, но и заданную чистоту обработки поверхностей. Реальная поверхность изделий, в отличие от теоретической, имеет выраженные неровности различной формы и высоты. Совокупность неровностей, образующих рельефную поверхность на определенной базовой длине, называется *шероховатостью*.

Требования к шероховатости устанавливают путем указания параметра шероховатости (одного или нескольких) из перечня значений, определяемых ГОСТ 2789—73: *Ra* — среднее арифметическое отклонение профиля; *Rz* — высота неровностей профи-

Таблица 7.2

Форма знака	Состояние поверхности
	В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается
	В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала
	1. В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала с указанием значения параметра шероховатости. 2. В обозначении шероховатости поверхности детали, изготавливаемой из материала определенного профиля и размера, не подлежащей по данному чертежу дополнительной обработке, без указания значения параметра шероховатости

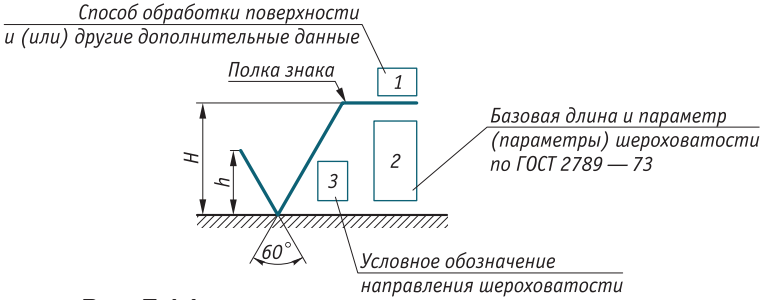


Рис. 7.14

ля по 10 точкам; R_{max} — наибольшая высота профиля; *Sm* — средний шаг неровностей; *S* — средний шаг местных выступов профиля; *tp* — относительная опорная длина профиля, где *p* — значение уровня сечения. Из перечисленных параметров *Ra* является предпочтительным. Шероховатость поверхности обозначают на чертеже для выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями.

В табл. 7.2 приведены знаки, используемые при обозначении шероховатости поверхности, в зависимости от состояния поверхности. Состояние поверхности (см. п. 2 табл. 7.2) должно отвечать требованиям стандартов или технических условий (ТУ) с указанием документа.

С учетом изменения №3, принятого Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 21 от 28.05.2002) основные правила нанесения шероховатости поверхностей на чертежах, форму знака (рис. 7.14) и структуру обозначения шероховатости поверхности устанавливает ГОСТ 2.309—73. Высота знака *h* должна быть приблизительно равна половине применяемой на чертеже высоты цифр размерных чисел, а высота $H = (1{,}5 \ldots 3{,}0)h$. Толщина знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже.

7.5. ТЕКСТОВЫЕ НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖАХ

Текстовую часть — надписи и таблицы — включают в чертеж, если содержащиеся в них данные невозможно или нецелесооб-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

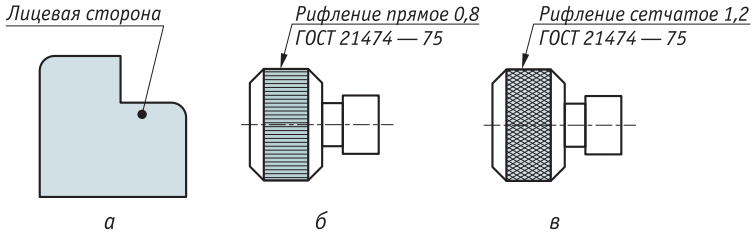


Рис. 7.15

разно выразить графически или условными обозначениями. Надпись, относящуюся к изображению, размещают на полке линии-выноски и заканчивают точкой, если она не отводится от какой-либо линии (рис. 7.15, *а*). Линии, отводимые от линий видимого, невидимого контуров и от линий, обозначающих поверхности, заканчивают стрелкой (рис. 7.15, *б*). В надписях на чертежах не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых.

Текст на поле чертежа, таблицы, надписи с обозначением изображений или связанные с ним располагают параллельно основной надписи. Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и пропусков. При недостатке букв применяют цифровую индексацию, например: $А$, $А_1$, $А_2$ или $Б—Б$, $Б_1—Б_1$. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на поле чертежа, приблизительно в два раза. Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, размещается после надписи, относящейся к изображению, например: $А—А$ (1 : 1); $Б$ (5 : 1).

7.6. ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Согласно ГОСТ 2.104—2006 и ГОСТ 2.106—96 условные обозначения материалов записывают в конструкторской документации: в основной надписи чертежа детали в графе 3 (см. рис. 4.6); в технических требованиях на поле чертежа (над основной надписью); в спецификации как основном конструкторском документе, определяющем состав сборочной единицы, материал и его условное обозначение записывают в графу «Наименование», распо-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

лагая после графы «Стандартные изделия»; в спецификации при оформлении чертежа армированной детали.

Условные обозначения основных химических элементов в марках металлов и их сплавов приведены в табл. 7.3.

В конструкторской документации обозначение материала должно соответствовать его обозначению, приведенному в стандар-

Таблица 7.3

Химические элементы	Обозначения химических элементов	Обозначения элементов в марках металлов и сплавов		Химические элементы	Обозначения химических элементов	Обозначения элементов в марках металлов и сплавов	
		черных	цветных			черных	цветных
Азот	N	А	—	Марганец	Mn	Г	Мц (Мр)
Алюминий	Al	Ю	А	Никель	Ni	Н	Н
Барий	Ba	—	Бр	Ниобий	Nb	Б	Нб
Бор	B	Р	—	Олово	Sn	—	О
Ванадий	V	Ф	Вам	Свинец	Pb	—	С
Висмут	Bi	Ви	Ви	Серебро	Ag	—	Ср
Вольфрам	W	В	—	Сера	S	—	—
Железо	Fe	—	Ж	Сурьма	Sb	—	Су
Кадмий	Cd	Кд	Кд	Титан	Ti	Т	ТПД
Кобальт	Co	К	К	Углерод	C	У	—
Кремний	Si	С	Кр(К)	Фосфор	P	П	Ф
Магний	Mg	Ш	Мг	Хром	Cr	Х	Х(Хр)
Медь	Cu	Д	М	Цинк	Zn	—	Ц
Молибден	Mo	М	—	Цирконий	Zr	Ц	ЦЭВ
Мышьяк	As	—	—	Церий	Ce	—	Се

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

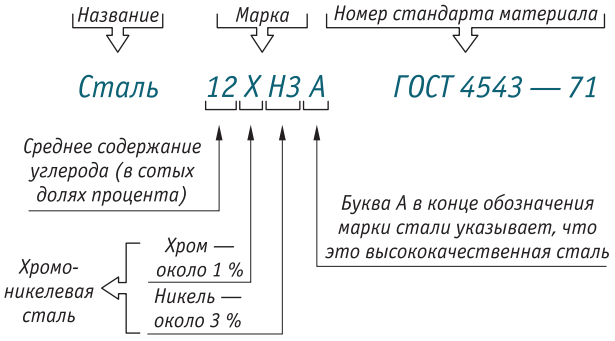


Рис. 7.16

те на этот материал. Например, по условиям работы детали в узле, изготовленной из конструкционной легированной стали отдельной марки металла (рис. 7.16), в типовой структурной схеме указывают только качественную характеристику материала, не уточняя сортамент и требования к нему. При изготовлении детали из металла определенного сортамента (лист, круг, квадрат и т.д.) с учетом его качественной характеристики кроме стандарта на технические условия в структурную схему обозначения материала включают наименование сортамента с его характерными размерами и номер стандарта на этот сортамент. Если деталь изготавливают из сортового материала, то в структурную схему обозначения материала включают стандарт, в котором изложены технические требования к сортаменту.

7.6.1. Металлы черные

Сталь — железоуглеродистый сплав, содержащий углерода менее 2,14 %. Кроме углерода в состав стали входят сера, кремний, фосфор, марганец и другие примеси. В обозначении марки стали первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буквы за цифрами обозначают легирующие элементы, а цифры, стоящие после букв, — содержание легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает содержание элемента до 1,5 % (по верхнему пределу).

По химическому составу стали подразделяются на углеродистые и легированные, а по назначению — на конструкционные, инструментальные и специальные. В зависимости от химическо-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

го состава и свойств стали подразделяются на следующие категории:

- общего назначения, качественные, высококачественные (А);
- особо высококачественные (Ш).

Буквы А и Ш проставляют в конце обозначения марки, причем букву Ш пишут через дефис.

Сталь конструкционная обыкновенного качества общего назначения. Согласно ГОСТ 380—2005 ее обозначают буквами «Ст» и цифрами 0; 1; ...; 6: Ст0, ..., Ст6.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Ст5 ГОСТ 380—2005»,

что означает: сталь конструкционная, обыкновенного качества, общего назначения; содержание углерода — 0,05 %.

Сталь конструкционная углеродистая качественная. ГОСТ 1050—88 устанавливает марки: 05; 08; 10; 11; 15; 18; 20 и далее до 60. Цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента, перед цифрами пишут слово «Сталь». Низкоуглеродистые стали 05; 07 и далее до 11 применяют для малонагруженных деталей. Тонколистовую, холоднокатаную низкоуглеродистую сталь используют для холодной штамповки изделий. Стали марок от 15; 20; 25 поступают в виде проката, поковок, труб, листов, лент и проволоки и предназначены для менее ответственных деталей. Среднеуглеродистые стали марок 30; 35 и далее до 60 применяют для изготовления небольших деталей.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Сталь 40 ГОСТ 1050—88»,

что означает: сталь конструкционная, углеродистая, качественная (40 — содержание углерода в сотых долях процента).

Сталь конструкционная легированная. В обозначении марок (ГОСТ 4543—71) двузначные цифры слева указывают содержание углерода в сотых долях процента; цифры после букв — процент примерного содержания соответствующего элемента в целых единицах (отсутствие цифр означает содержание легирующего элемента до 1,5 %). Области возможного использования сталей марок: 15Х, 20Х — толкатели, клапаны, кулачковые муфты, втулки, шпиндели, плунжеры, шлицевые валики); 40Х, 45Х, 50Х, 38ХА — зубчатые колеса, шпиндели, валы в подшипниках качения, червячные и шлицевые валы; 45Г2, 50Г2, 15ХФ — шпиндели, валы, кулачковые муфты, втулки, поршневые пальцы и мелкие

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

детали высокой прочности; 45ХН, 50ХН, 38ХГН, 38ХН3МА — зубчатые колеса, шпиндели, валы подшипников качения, червячные валы больших размеров, детали экскаваторов (крепежные изделия, валы, оси, серьги).

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Сталь 40ХФА ГОСТ 4543—71»,

что означает: сталь хромованадиевая, высококачественная.

Сталь рессорно-пружинная общего назначения. ГОСТ 14959—79 устанавливает марки высокоуглеродистых качественных сталей: 65, 70, 75, 80, 85; легированных сталей: 60Г, 65Г, 55С2 и легированных высококачественных 60С2Н2А, 60С2ХФА, 65С2ВА и др. Для пружин небольшого сечения применяют углеродистые стали марок 65, 70, 75, 80, 85. Для нагруженных пружин и рессор используют рессорно-пружинные легированные стали, содержащие в различных сочетаниях Si, Mn, Cr, V, W и Ni.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Сталь 65 ГОСТ 14959—79»,

что означает: сталь рессорно-пружинная.

Сталь для отливок. Маркировка сталей — буквенно-цифровая (ГОСТ 977—88). Буквой Л обозначают сталь литейную. Область использования сталей марок: 15Л, 20Л, ..., 45Л — блоки, ролики, корпусы, арматура, шкивы, траверсы, поршни, буксы, крышки цилиндров, корпусы подшипников и редукторов, муфты, кронштейны, маховики, валики; 50Л, 55Л, 20ГСЛ, 30ГСЛ, 35ГЛ, 40ХЛ — зубчатые колеса, ролики, зубчатые венцы, рычаги, фланцы, шкивы, ходовые колеса, крестовины, траверсы, крышки подшипников, цапфы.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Сталь 20ГФЛ ГОСТ 977—88»,

что означает: сталь литейная, легированная; содержание углерода — около 0,2 %, марганца и ванадия — до 1 %.

Чугун — многокомпонентный сплав железа с углеродом (углерода более 2,14 %) и другими элементами. Чугун бывает нескольких видов: серый чугун (ГОСТ 1412—85); ковкий чугун (ГОСТ 1215—79); высокопрочный чугун (ГОСТ 7293—85); антифрикционный чугун (ГОСТ 1585—85). В условное обозначение чугуна входят буквы, указывающие вид чугуна (например: СЧ — чугун серый).

Серый чугун. Серый чугун (ГОСТ 1412—85) — тройной сплав Fe—C—Si с примесями Mn, P и S. Серый чугун марок СЧ10 и

СЧ15 используют для тонкостенных (до 10 мм) отливок; чугуны марок СЧ20, СЧ25 — для отливок с толщиной стенок до 20 мм, а чугуны марок СЧ30, СЧ35 — для отливок деталей сложной конфигурации.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«СЧ 20 ГОСТ 1412—85»,

что означает: серый чугун; 20 — временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа.

Ковкий чугун. Ковкий чугун (ГОСТ 1215—79) имеет более высокую пластичность по сравнению с серым. Для небольших отливок, работающих в условиях динамических нагрузок, используют чугуны марок КЧ37-12, КЧ35-10, КЧ33-8, КЧ30-6. Ковкие перлитные чугуны марок КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3 используют для изготовления деталей, обладающих высокой прочностью, умеренной пластичностью и хорошими антифрикционными свойствами.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«КЧ 30-6 ГОСТ 1215—79»,

что означает: ковкий чугун; 30 — временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа; 6 — относительное удлинение, %.

7.6.2. Сплавы цветных металлов

Цветные металлы применяют в основном в виде сплавов: бронз, латуней, баббитов и легких сплавов на алюминиевой основе. Сплавы алюминия с кремнием, магнием, медью, марганцем, цинком и другими металлами подразделяются на деформируемые и литейные.

Деформируемые алюминиевые сплавы. Они предназначены для получения листов, плит, прутков, профилей, труб, поковок и штамповок (ГОСТ 4784—97). Сплавы маркируют следующим образом: буква Д — сплав типа дуралюмин; А в начале марки — технический алюминий (АД, АД1); АК — алюминиевый ковочный сплав; В в начале марки — высокопрочный сплав.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«АД1 ГОСТ 4784—97»,

что означает: алюминиевый деформируемый сплав.

Литейные алюминиевые сплавы. Наиболее распространены сплавы Al—Si (АЛ2, АЛ4, АЛ9) — *силумины*, обладающие высокой

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

коррозионной стойкостью (ГОСТ 1583—93). Из них изготавливают детали небольших размеров и простой формы. Сплавы Al—Cu (АЛ5, АЛ19) после термической обработки имеют высокие механические свойства и хорошо обрабатываются резанием. Сплавы Al—Mg (АЛ23, АЛ28) имеют низкие литейные свойства, обладают хорошей коррозионной стойкостью, повышенными механическими свойствами, хорошо обрабатываются резанием. Сплавы А5М7, АЛ13, АЛ27 не рекомендуется использовать в новых конструкциях. Цифры в марках указывают номер сплава.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«АЛ4 ГОСТ 1583—93»,

что означает: сплав алюминиевый линейный, марка 4.

Сплавы на медной основе. Техническую чистую медь марок М0, М1, М2, М3, М4 (ГОСТ 859—2001) используют в электроустановках как токоведущие детали. В технике используют сплавы меди—латуни и бронзы.

Латунь — медный сплав, в котором помимо меди основным составляющим компонентом является цинк — двойная латунь. Если в состав латуни входят другие легирующие элементы (железо — Ж; марганец — Мц; алюминий — А; олово — О; свинец — С и др.), то сплав — многокомпонентный. Все латуни подразделяются на деформируемые (ГОСТ 15527—2004) и литейные (ГОСТ 17711—93).

Для деформируемых и литейных латуней порядок цифр в маркировке различен. Например, деформируемая латунь марки ЛЖМц59-1-1 содержит 59 % меди, 1 % железа, 1 % марганца, остальное (39 %) — цинк. Для литейных латуней среднее содержание компонентов сплава в процентах ставится сразу после буквы, обозначающей его название. Например: ЛЦ40Мц1,5 — латунь, содержащая 40 % цинка, 1,5 % марганца, остальное — медь.

Деформируемые латуни (ГОСТ 15527—2004) марок Л60, Л63, Л68 и других используют для изготовления прокладок, шайб, шпинделей, втулок, гаек и других деталей, подвергающихся коррозии; латуни марок ЛА77-2, ЛО62-1, ЛС59-1, ЛК62-0,5 — для деталей, обрабатываемых штамповкой (втулок, крепежа, кронштейнов, фурнитур, корпусов и других деталей); латуни марок ЛЖМц59-1-1, ЛМц58-2 — для деталей арматуры несложной конфигурации.

Литейные латуни (ГОСТ 17711—93) марок ЛЦ40С, ЛЦ40Мц1,5 и другие используют для изготовления арматуры, корпусов кранов, втулок, тройников, переходников и других деталей; латуни

марок ЛЦ40Мц3А, ЛЦ37Мц2С2К и другие — для несложных деталей ответственного назначения; латунь марки ЛЦ23А6Ж3Мц2 — для коррозийно-стойких деталей.

Примеры условного обозначения в конструкторской документации:

«ЛАН59-3-2 ГОСТ 15527—2004»,

что означает: латунь многокомпонентная деформируемая, содержащая меди 59 %, алюминия 3 %, никеля 2 %, остальное (около 36 %) — цинка;

«ЛЦ40Мц3А ГОСТ 17711—93»,

что означает: латунь литейная, марганцово-алюминиевая, содержащая цинка 40 %, марганца 3 %, алюминия 0,5...1,5 %, остальное — медь.

Бронза — многокомпонентный сплав на медной основе, содержащий олово, цинк, свинец и другие металлы. По названию и наличию основного легирующего элемента (олова) многокомпонентные сплавы меди подразделяются на оловянные и безоловянные бронзы. Сплавы бронз обозначают «Бр» — бронза, после чего следуют первые буквы основных элементов, образующих сплав. Цифры за буквами указывают количество легирующего элемента в процентах. Оловянные и безоловянные бронзы бывают деформируемыми и литейными.

Для литейных бронз среднее содержание компонентов сплава в процентах ставят после буквы, обозначающей его название. Например, БрО4Ц7С5 содержит олова 4 %, цинка 7 %, свинца 5 %, остальное (около 84 %) — медь. Для деформируемых бронз процентное содержание компонентов сплава пишется после их перечисления. Например: БрОЦС3-12-5 — бронза деформируемая, содержащая олова 3 %, цинка 12 %, свинца 5 %, остальное (около 80 %) — медь.

Литейные оловянные бронзы (ГОСТ 613—79) марок БрО10С10; БрО10Ц2; БрО5Ц5С5 и других используются для изготовления втулок, гаек ходовых винтов, антифрикционных деталей, арматуры и венцов червячных колес; *литейные безоловянные бронзы* (ГОСТ 493—79) марок БрА10Ж3Мц2, БрА10Мц2Л, БрА9Мц2Л и других используются для изготовления прутков, лент, деталей арматуры, венцов червячных колес.

Деформируемые безоловянные бронзы (ГОСТ 18175—78) марок БрА7, БрАЖ9-4, БрАМц9-2, БрКМц3-1 используются для коррозионно-стойких деталей, токопроводящих пружин, ходовых винтов, втулок; *деформируемые оловянные бронзы* (ГОСТ 5017—2006) марок БрОФ6.5-0.15, БрОЦС4-4-2.5 используются для изготовления

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

лент, полос, прокладок во втулках и подшипниках, БрОФ7-0,2 — для прутков.

Примеры условного обозначения бронз в конструкторской документации:

«БрА9Мц2Л ГОСТ 493—79»,

что означает: литейная безоловянная бронза, содержащая алюминия 9 %, марганца 2 %, остальное (около 89 %) — медь;

«БрОЦС3-12-5 ГОСТ 5017—2006»,

что означает: бронза оловянная деформируемая, содержащая олова 3 %, цинка 12 %, свинца 5 %, остальное (80 %) — медь.

7.6.3. Пластмассы

Пластмассы — искусственные материалы, состоящие из смол (полимеров), наполнителей (асбеста, древесной муки, опилок) и красителя. Они подразделяются на термореактивные — реактопласты (при нагревании твердеют) и термопласты (при нагревании плавятся, а при охлаждении переходят в исходное состояние).

Текстолит конструкционный. Текстолит конструкционный бывает марок: ПТ — поделочный текстолит; ПТК — поделочный конструкционный текстолит; ПТМ-1 и ПТМ-2 — поделочный металлургический текстолит (ГОСТ 5—78). Текстолит изготавливают в виде листов шириной от 450 до 950 мм, длиной от 600 до 1 950 мм и толщиной от 0,5 до 80 мм. Его используют для изготовления втулок подшипников скольжения, шестерен червячных колес, роликов, шкивов, кронштейнов.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Текстолит ПТК-3, сорт первый ГОСТ 5—78»,

что означает текстолит конструкционный (поделочный) марки ПТК, первого сорта, толщина листа — 3 мм.

Пресс-материал АГ-4. Пресс-материал (ГОСТ 20437—89) бывает следующих марок: В — стекловолокнит; С — стеклолента на основе стеклянных скрученных нитей; НС — стеклолента на основе стеклянных комплексных нитей. Из него изготавливают прессованием детали различного конструкционного назначения и, учитывая технологические свойства и незначительную усадку при прессовании, детали с металлической арматурой (неразъемные сборочные единицы).

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

«Пресс-материал АГ-4В ГОСТ 20437—89»,
что означает: стекловолокнит.

7.6.4. Прокладочные материалы

Паронит. Прокладочный материал паронит (ГОСТ 481—80) используют в качестве прокладок между неподвижными металлическими деталями для обеспечения герметичности соединений различного типа. Паронит бывает следующих марок: ПОН — общего назначения с толщиной листов 0,4...6,0 мм, ПМБ — маслобензостойкий с толщиной листов 0,4...3,0 мм. Размеры листов — 400×300; 500×500; 1 000×880 и 1 500×770 мм.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Паронит ПОН 4×1 500×880 ГОСТ 481—80»,

что означает: паронит общего назначения, толщина листа — 4 мм, длина — 1 500 мм, ширина — 880 мм.

Картон прокладочный. Картон (ГОСТ 9347—74) предназначен для изготовления уплотнительных прокладок во фланцевых и других соединениях. Картон бывает следующих марок: А — картон толщиной 0,3...1,5 мм для соединений, применяемых в среде масла, бензина, воды; Б — картон толщиной от 0,3...2,5 мм для соединений в среде воды и воздуха. Если прокладка выполняется по чертежу из прокладочного картона марки А толщиной 0,50 мм, то в конструкторской документации обозначают следующим образом: слово «Прокладка» записывают в графу «Детали», ее шифр — в графу «Обозначение» спецификации, а материал «Картон А-0,50» с указанием ГОСТ 9347—74 — в графу 3 основной надписи (см. рис. 4.6).

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Картон Б-1,5 ГОСТ 9347—74»,

что означает: картон прокладочный марки Б, толщина — 1,5 мм.

7.6.5. Материалы для набивки

Шнуры асбестовые. Шнуры асбестовые (ГОСТ 1779—83) предназначены для теплоизоляции агрегатов, уплотнений, а также для набивки сальниковых камер в рабочей среде пара, газа и воды. Различают шнуры асбестовые общего назначения марки

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ШАОН и шнуры асбестовые пуховые марки ШАП. Шнуры марки ШАОН имеют диаметры 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 22 и 25 мм. Диаметры шнуров марки ШАП: 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 15,0; 18,0; 20,0 и 22,0 мм.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Шнур асбестовый ШАОН 3 ГОСТ 1779—83»,

что означает: асбестовый шнур общего назначения диаметром 3 мм.

Набивки сальниковые. *Набивки сальниковые* (ГОСТ 5152—84) применяют для заполнения сальниковых камер в целях герметизации подвижных и неподвижных соединений машин и аппаратов. По способу изготовления набивки бывают плетеные, скатанные и кольцевые. По материалу набивки подразделяются на хлопчатобумажные, пеньковые и асбестовые. Их выпускают в сухом или пропитанном виде:

- набивка марки АСС — асбестовая плетеная, сухая круглого или квадратного сечения. Размеры сечений: 8, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20 и далее до 50 мм;
- набивка марки ХБС — хлопчатобумажная плетеная, сухая круглого или квадратного сечений. Размеры сечений: 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20 и далее до 50 мм;
- набивка марки АФВ — асбестовая плетеная квадратного сечения, пропитанная жировым составом с суспензией из фторопласта и графита, для щелочной среды. Размеры сечений: однослойные — 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14; многослойные — 16, 18, 19, 20, 22, 25 мм.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Набивка плетеная марки АСС 8 ГОСТ 5152—84»,

что означает: набивка асбестовая, плетеная, сухая марки АСС, диаметр сечения шнура — 8 мм.

Волокнистые сальниковые набивки (*пенька*) применяются для заполнения сальниковых камер в целях их герметизации. Пенька — грубое лубяное волокно из стеблей конопли, джута или хлопка. Она обладает хорошей прочностью, малорастяжимостью и гидроскопичностью. ГОСТ 9993—74 распространяется на короткую пеньку, а ГОСТ 10379—76 — на пеньку трепаную. Израсходованный вес пеньки указывают в килограммах в разделе «Примечание» спецификации.

Пример условного обозначения в конструкторской документации:

«Пенька короткая ГОСТ 9993—74».

7.7. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Важным этапом выполнения эскизов является обмер деталей с дальнейшей простановкой размеров на чертеже. К универсальным измерительным инструментам относятся стальная линейка (рис. 7.17, *а*), рулетка, кронциркуль (рис. 7.17, *б*), нутромеры (рис. 7.17, *в*, *г*), штангенциркули (рис. 7.17, *д*), а также шаблоны — радиусомеры и резьбомеры (рис. 7.18).

Стальную линейку изготавливают длинной от 150 до 1 000 мм. Кронциркули и нутромеры состоят из двух стальных ножек, соединенных шарниром. Кронциркулями измеряют наружные раз-

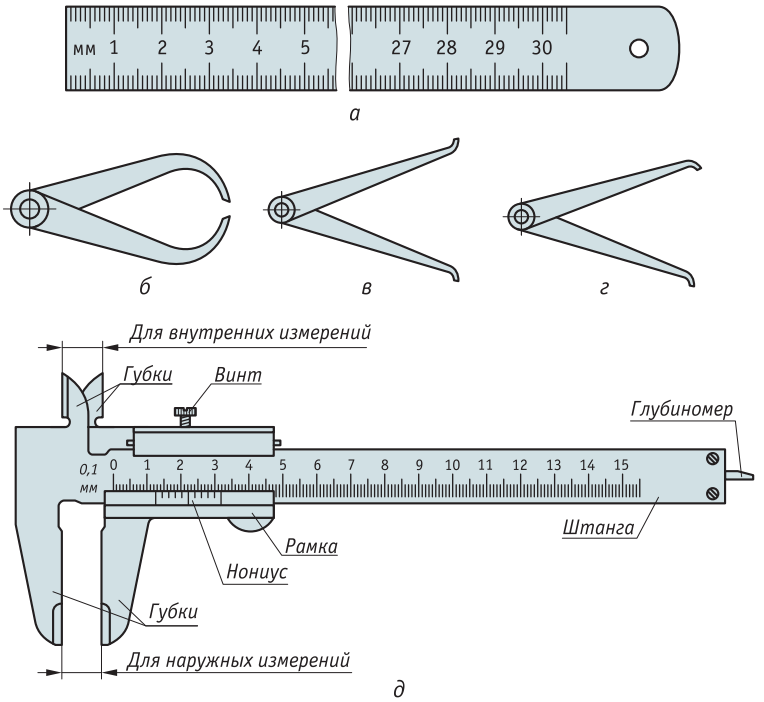


Рис. 7.17

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

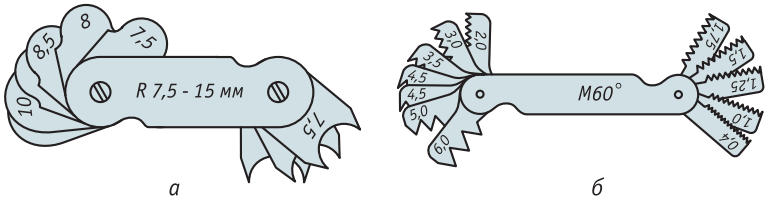


Рис. 7.18

меры, нутромерами — внутренние. Точность измерения стальной линейкой, кронциркулями и нутромерами зависит от навыка лица, производящего измерения.

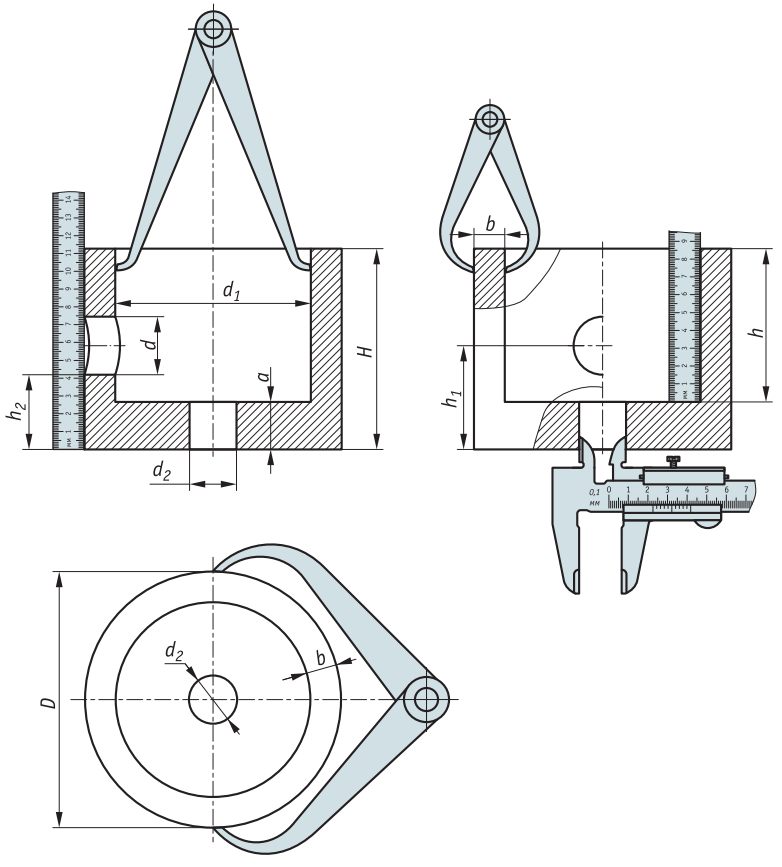


Рис. 7.19

Штангенциркулем выполняют измерения с точностью до 0,1 мм. Для определения размера детали отсчитывают по шкале штанги число целых миллиметров до нулевого штриха нониуса, по его шкале определяют число десятых долей миллиметра, замечая, какой штрих нониуса совпадет со штрихом шкалы штанги. Совпавший штрих указывает число десятых долей миллиметра.

Измерение линейных размеров. Измеренные стальной линейкой значения H и h детали (рис. 7.19) позволяют определить толщину донышка a: $a = H - h$. Точнее деталь можно измерить штангенциркулем (рис. 7. 20). Длину детали H определяют, используя губки для наружных измерений, а значение h — при помощи выдвижной линейки (глубиномер).

Измерение диаметров. На фронтальном разрезе (см. рис. 7.19) показан прием измерения нутромером внутреннего диаметра детали d_1, а на виде сверху — кронциркулем наружного диаметра детали D. Толщину стенки детали b определяют по формуле $b = (D - d_1)/2$.

Определение расстояния h_1 от опорной поверхности детали до центра отверстия диаметром d. Прикладывают линейку так, чтобы ее кромка с делениями заняла положение, показанное на главном виде (см. рис. 7.19), прочитывают значение величины h_2, а затем измеряют диаметр отверстия d. Центр отверстия расположен на высоте $h_1 = h_2 + d/2$.

Определение расстояния l между центрами двух отверстий одинакового диаметра. Нутромер устанавливают (разрез *Б—Б* на рис. 7.21), затем вынимают и прикладывают к линейке, прочиты-

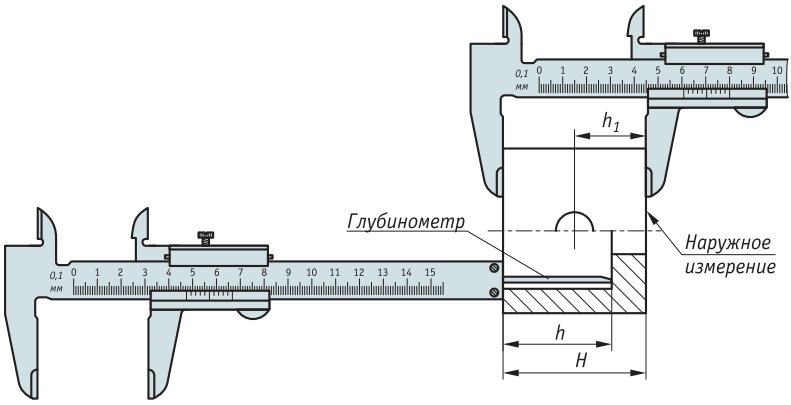


Рис. 7.20

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

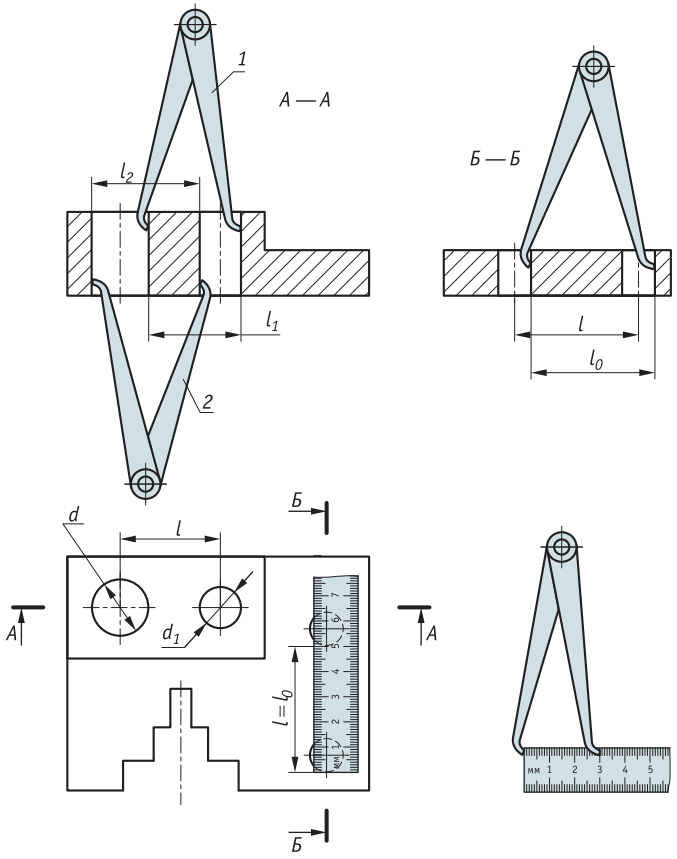
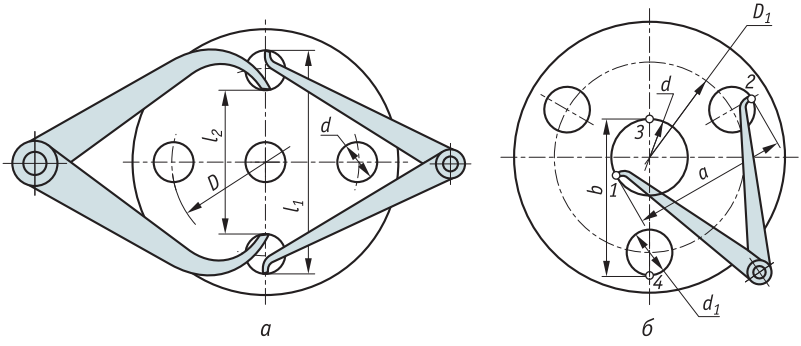


Рис. 7.21

вая измеренное расстояние между кромками отверстий $l_0 = l$. Размер l можно определить и линейкой (см. вид сверху на рис. 7.21).

Определение расстояния между центрами двух отверстий разного диаметра. Нутромером или линейкой измеряют расстояния l_1 и l_2 между кромками отверстий (см. разрез $A — A$ на рис. 7.21). При измерении нутромером *1* величина $l = l_1 + (d — d_1)/2$; при измерении нутромером *2* величина $l = l_2 — (d — d_1)/2$.

Определение диаметра *D* окружности центров отверстий на цилиндрическом фланце при четном числе отверстий. Кронциркулем, нутромером и линейкой обмеряют деталь (рис. 7.22, *а*): измеряют диаметр отверстия d; определяют размер l_1 или l_2 (в зависимости от вида измерительного инструмента); определяют диа-



а *б*

Рис. 7.22

метр окружности центров отверстий D. При измерении отрезка l_1 диаметр $D = l_1 - d$; при измерении отрезка l_2 диаметр $D = l_1 + d$.

Определение диаметра D_1 окружности центров отверстий на цилиндрическом фланце при нечетном числе отверстий. Сначала измеряют (рис. 7.22, *б*) диаметр отверстия d; затем измеряют диаметр отверстия d_1; измеряют отрезок a — расстояние между точками *1* и *2*; измеряют отрезок b — расстояние между точками *3* и *4*; определяют среднюю величину отрезка $l_{ср} = (a + b)/2$; определяют искомый диаметр окружности центров $D_1 = l_{ср} - (d + d_1)$.

Определение толщины стенки детали. Если толщину стенки измерить невозможно, так как кронциркуль нельзя извлечь без дополнительного раскрытия ножек (рис. 7.23), то измерения про-

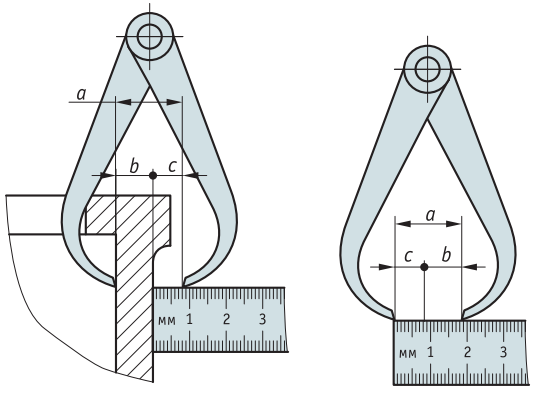


Рис. 7.23

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

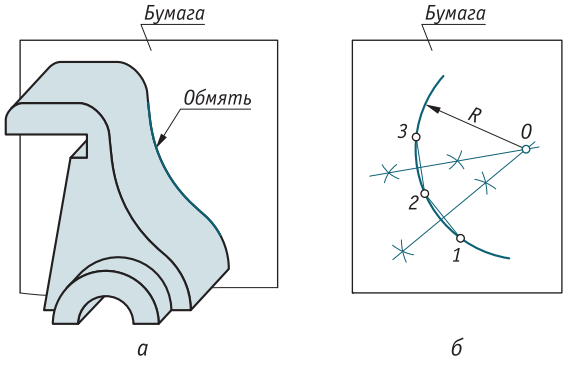


Рис. 7.24

водят кронциркулем и линейкой. Ножку развернутого кронциркуля вводят внутрь детали и упирают ее в какой-либо точке внутренней поверхности стенки, а к внешней поверхности стенки прикладывают линейку, фиксируя величину *c*, равную разности расстояний между концами внешней ножки кронциркуля и внешней поверхностью детали. Определяют расстояние *a* между ножками кронциркуля. Толщина стенки $b = (a - c)$.

Обмер криволинейных очертаний поверхностей. Для определения радиуса дуги криволинейного очертания деталь кладут на бумагу и обводят (или обжимают) контур по кромке этого участка (рис. 7.24, *а*). Определяют (рис. 7.24, *б*) центр дуги окружности — точку *O* — и радиус дуги *R*.

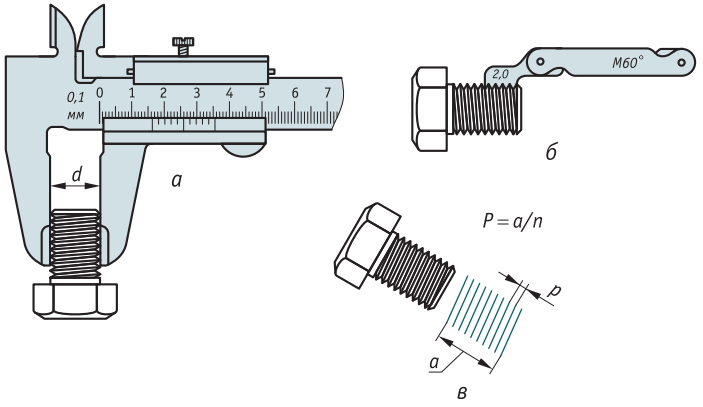


Рис. 7.25

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Измерение радиусов закруглений и галтелей. К поверхности детали прикладывают закругленные части радиусомера до их совпадения. *Радиусомер* — набор пластинчатых шаблонов, шарнирно соединенных с обоймой (см. рис. 7.18, *а*). Радиус закругления равен числу, указанному на шаблоне.

Определение профиля и шага резьбы. Для этого используют резьбомеры (см. рис. 7.18, *б*). *Резьбомер* — шаблон с набором гребенок различного профиля. На них указаны: шаг резьбы для метрической и число ниток на дюйм для трубной или дюймовой резьб, углы при вершине «М60°» для метрической и «Д55°» для трубной или дюймовой резьб. Диаметр резьбы болта *d* определяют штангенциркулем (рис. 7.25, *а*). Он равен 16 мм.

Для определения шага резьбы выбирают шаблон, который своими зубцами плотно входит во впадины резьбы. Число 2, обозначенное на шаблоне (рис. 7.25, *б*), — шаг резьбы болта, мм. Результаты сверяют по таблице ГОСТ 8724—2002. Для определения резьбы в отверстии измеряют ее внутренний диаметр D_1 и шаг резьбы резьбомером и по стандарту определяют наружный диаметр резьбы *D*. При отсутствии резьбомера шаг резьбы определяют при помощи отпечатка на листе бумаги (рис. 7.25, *в*). Шаг $P = a/n$, где n — число делений на длине отпечатка a.

При определении элементов трубной цилиндрической резьбы (рис. 7.26, *а*) штангенциркулем измеряют наружный диаметр резьбы *d*, а резьбомером (рис. 7.26, *б*) — число ниток, приходящихся на длину, равную одному дюйму (1 дюйм = 25,4 мм). При отсутствии резьбомера число ниток подсчитывают, используя ме-

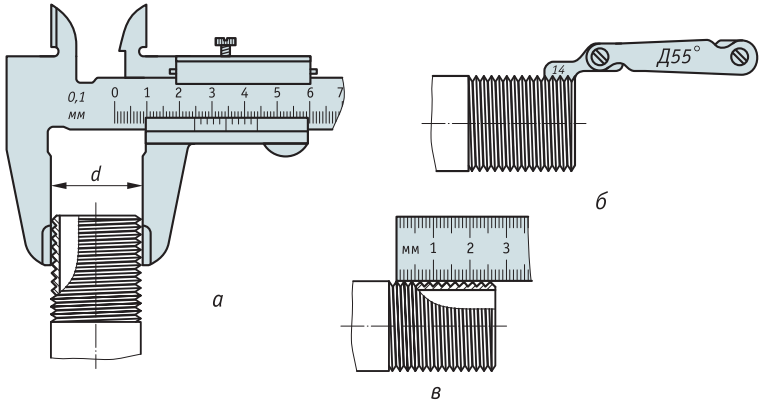


Рис. 7.26

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

таллическую линейку (рис. 7.26, *в*). Результаты сверяют с таблицей для определения номинального размера резьбы, условно отнесенного к внутреннему диаметру трубы (ГОСТ 6357—81).

7.8. ЭСКИЗЫ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

7.8.1. Чертежи деталей

Основным конструкторским документом детали является ее чертеж. *Деталью* называется изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. Рабочий чертеж детали (эскиз) кроме изображения должен содержать все необходимые сведения для ее изготовления и контроля.

Эскиз — чертеж временного характера. Эскиз может служить документом для изготовления детали, поэтому, как и рабочий чертеж, он содержит сведения о форме, материале и размерах детали с указанием шероховатости поверхности (указание шероховатости поверхности при изучении курса инженерной графики может отсутствовать). Эскизы деталей выполняют с натуры, чаще для разового использования в производстве, при изготовлении опытного образца или при ремонте изделий.

Эскиз, как и рабочий чертеж, выполняют по методу прямоугольного проецирования, без соблюдения масштаба, но с соблюдением пропорций элементов деталей, без применения чертежных инструментов, учитывая правила и условности, установленные стандартами ЕСКД. Эскиз отличается от рабочего чертежа детали тем, что при вычерчивании эскизов размеры детали определяют на глаз, а размерные числа наносят по обмеренным (действительным) размерам детали. Эскизы выполняют мягким карандашом на бумаге в клетку, что помогает проводить вертикальные и горизонтальные линии, а по диагоналям клетки выполнять штриховку разрезов и сечений под углом 45° к основной надписи. Эскизирование детали (рис. 7.27) можно условно разделить на 11 этапов.

1-й этап — ознакомление с деталью. Выясняют наименование детали, ее назначение в изделии, форму детали и ее отдельных элементов. Определяют материал и шероховатость поверхностей детали.

2-й этап — выбор главного вида и других необходимых изображений. Главный вид (ГОСТ 2.305—2008) дает наибольшее

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

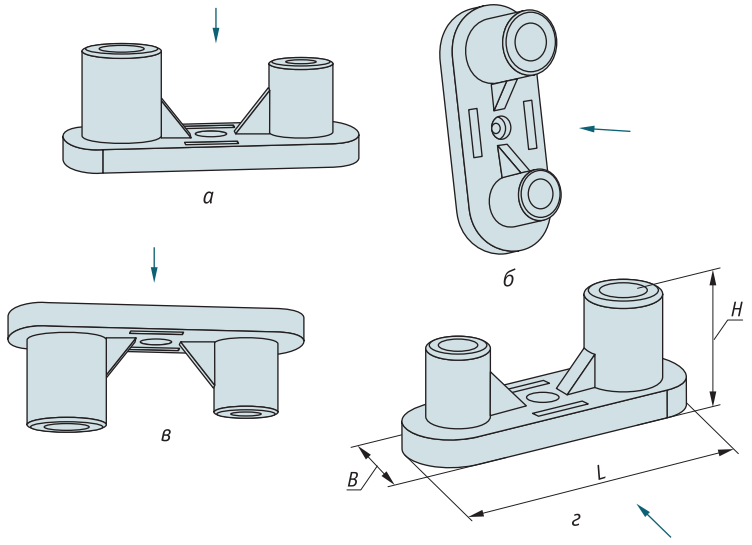


Рис. 7.27

представление о форме и размерах детали. На главном изображении (виде или разрезе) корпусные детали (кронштейны, корпусы кранов и вентилей трубопроводной арматуры и детали сложной конструкции) показывают в рабочем (эксплуатационном) положении, а детали цилиндрической и конической форм (валы, оси, шпиндели, шкивы и др.) изображают с горизонтально расположенной осью.

Анализ различных положений (см. рис. 7.27) показывает, что наибольшее представление о форме и размерах детали дает изображение (главный вид) на рис. 7.27, *г*. Наименьшее количество видов и других изображений, позволяющих на эскизе детали полностью отразить конструкцию этого изделия, равно пяти: главный вид и совмещенный с ним фронтальный разрез, вид сверху, вид слева и совмещенный с ним профильный разрез.

3-й этап — выбор формата листа. Выбирают формат листа (ГОСТ 2.301—68) с учетом количества изображений и размера будущего чертежа (эскиза).

4-й этап — подготовка листа. Проводят внешние и внутренние рамки выбранного формата, определяют положение основной надписи (см. подразд. 4.3).

5-й этап — компоновка изображений на листе. Приняв величину *H* за высоту детали, определяют на глаз соотношения габа-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ритных размеров детали: ширины $B \approx H$, а высота H меньше длины приблизительно в два раза (см. рис. 7.27, *г*). На поле чертежа (рис. 7.28, *а*) наносят тонкими линиями габаритные прямоугольники, в которых будут базироваться контуры изображений. Эти прямоугольники располагают так, чтобы оставалось место для нанесения размерных линий, условных знаков и текстовых надписей.

6-й этап — нанесение изображений элементов детали. Проводят осевые линии симметрии; внутри прямоугольников (рис. 7.28, *б*) вычерчивают внешние контуры элементов детали; наносят центровые линии отверстий; вычерчивают очертания элементов детали, соблюдая пропорции их размеров и обеспечивая проекционную связь на изображениях.

7-й этап — оформление видов и разрезов. Выполняют тонкими линиями разрезы (рис. 7.28, *в*); наносят графическое обозначение материала (штриховка сечений); уточняют пропущенное в шестом этапе (например, скругления, фаски и т.д.).

8-й этап — нанесение размерных линий и условных знаков. Условные знаки (рис. 7.28, *г*) характеризуют форму поверхностей (диаметр, квадрат, уклон, конусность, радиус для указания скруглений и дуг окружностей) и резьбу (ГОСТ 2.307—68, ГОСТ 2.311—68). Отмечают шероховатость поверхностей детали и наносят условные знаки, определяющие чистоту обработки поверхности.

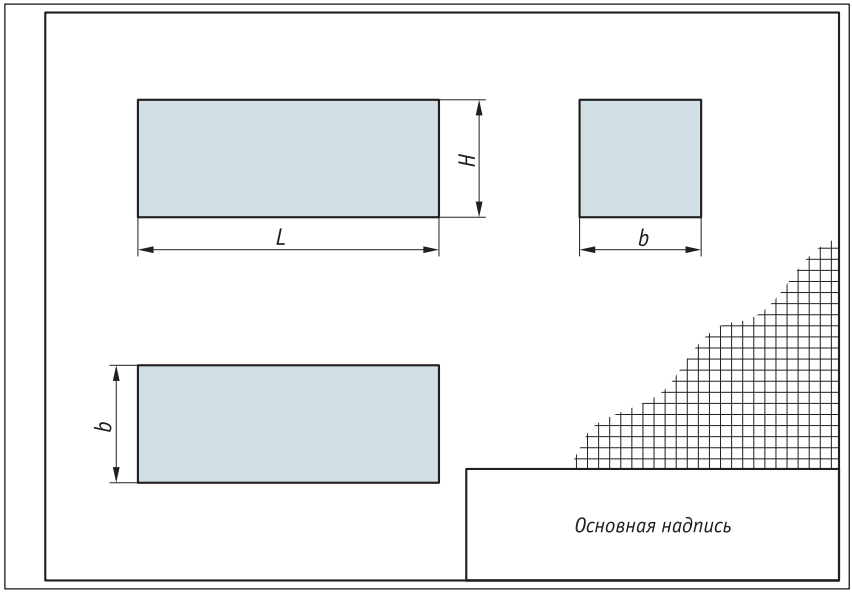
9-й этап — нанесение размерных чисел. Деталь обмеряют измерительными инструментами и наносят действительные размерные числа.

10-й этап — заполнение основной надписи. Заполняют основную надпись (рис. 7.29).

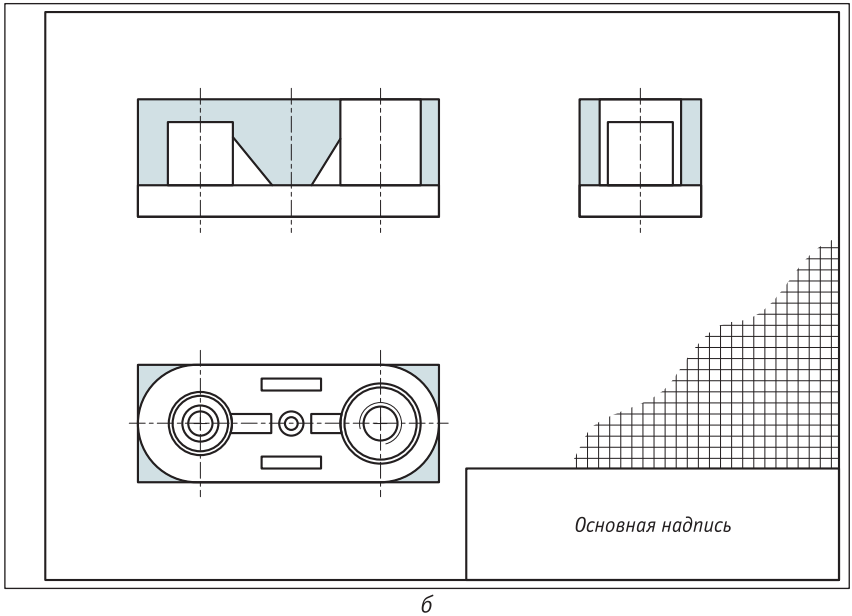
11-й этап — окончательное оформление эскиза. Эскиз проверяют, уточняют, исправляют; удаляют вспомогательные линии; обводят изображения.

Рабочий чертеж детали — конструкторский документ, содержащий изображение детали и данные для ее изготовления и контроля. Рабочие чертежи разрабатывают, как правило, на детали, входящие в состав изделия по чертежам общего вида проектной документации. Допускается не выполнять рабочие чертежи на детали, данные о которых указывают на сборочных чертежах и в спецификации: на детали из сортового и фасонного материалов, полученные отрезкой без последующей обработки; на детали неразъемных соединений, полученных заливкой поверхности или ее элементов металлом, сплавом, пластмассой,

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



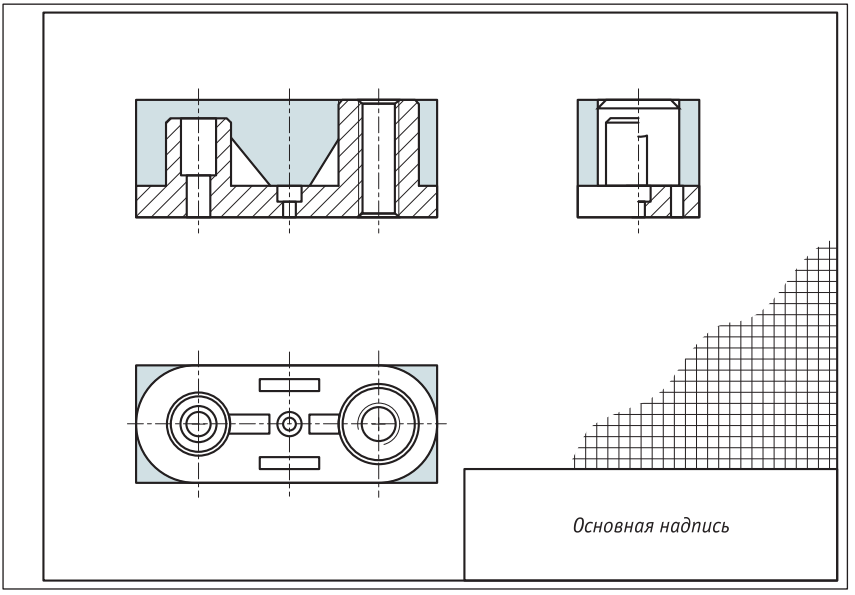
а



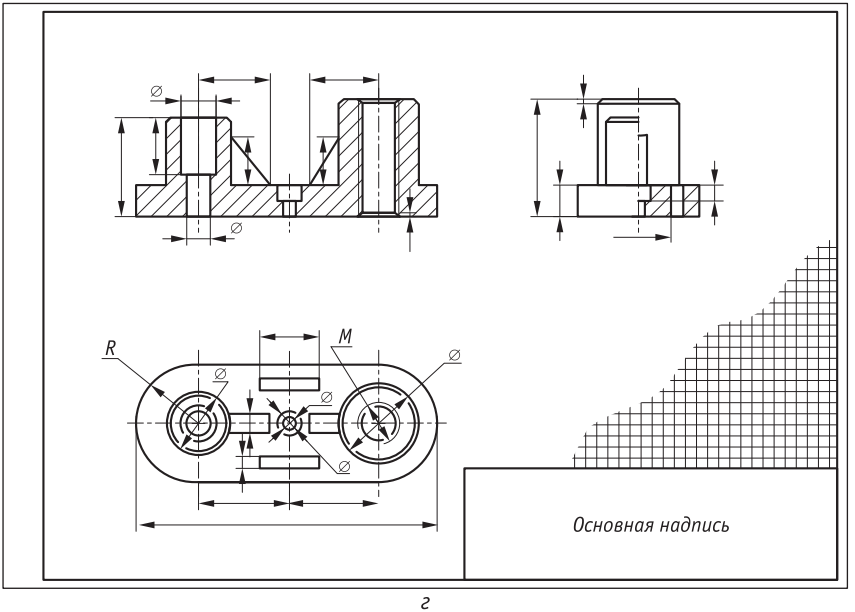
б

Рис. 7.28

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



в



г

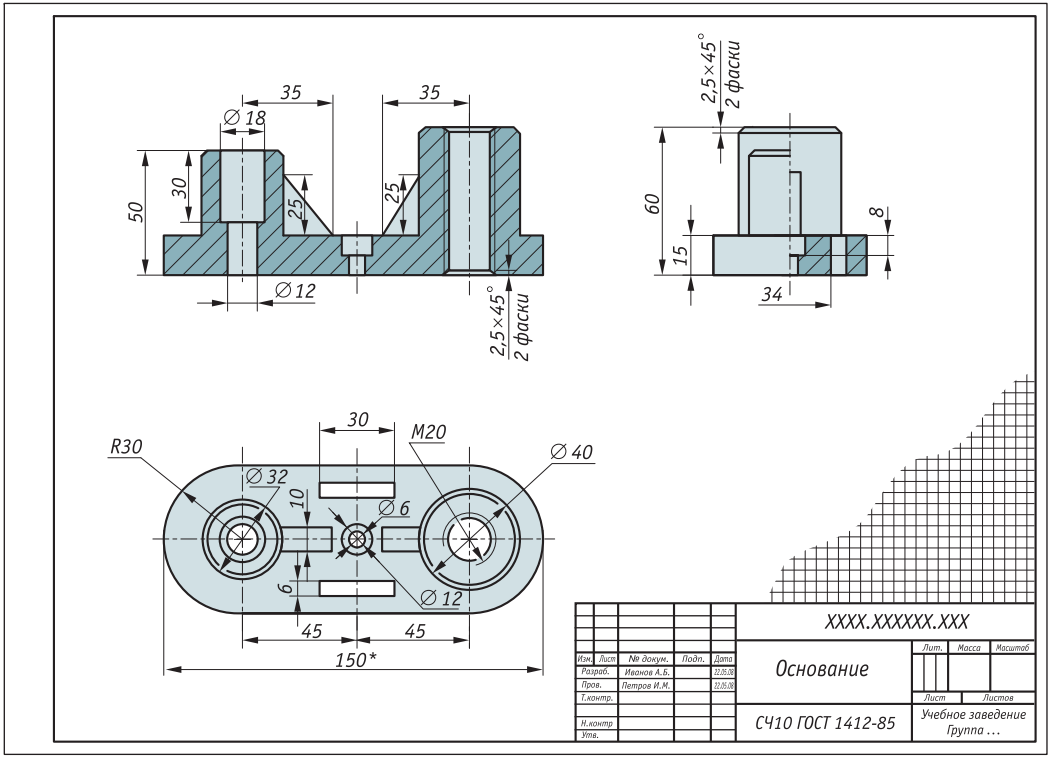

35
35
∅18
50
30
25
25
∅12
2,5×45°
2 фаски
2,5×45°
2 фаски
60
15
8
34
30
M20
R30
∅40
∅32
10
∅6
6
∅12
45
45
150*
XXXX.XXXXXX.XXX
Основание
СЧ10 ГОСТ 1412-85
Учебное заведение
Группа ...
Иванов А.Б.
Петров И.М.

Рис. 7.29

резиной или наплавкой металла; на детали единичного производства, форму и размеры которых определяют по месту; на покупные детали.

7.8.2. Особенности выполнения рабочих чертежей деталей с учетом технологии их изготовления

Чертежи литых деталей. Рабочий чертеж детали (корпус вентиля, отлитого из чугуна) содержит пять изображений: три вида — главный (вид спереди), сверху и слева; два разреза — фронтальный и профильный (рис. 7.30). Корпус вентиля, имеющий форму тора, — устройство, перекрывающее движение воды в трубопроводе.

При вычерчивании очерка корпуса вентиля (рис. 7. 31) на главном виде и виде сверху, используя размеры R и D, строят наружный очерк корпуса — поверхность тора. Сверху к тору примыкает цилиндр. Толщину стенок a, одинаковую для всего корпуса, определяют как полуразность наружного D_1 и внутреннего D_2 диаметров цилиндра. Зная толщину стенок a и используя размер $R_1 = R - a$, строят очерк внутреннего тора.

Если корпус вентиля снаружи усечен плоскостями α и β, параллельными оси цилиндра и перпендикулярными к горизонтальной плоскости проекций, то сначала строят очерк корпуса на виде слева, определив ширину корпуса B, а затем, проецируя ее на горизонтальную плоскость проекций, достраивают очерк корпуса на виде сверху. Аналогично плоскостью γ может быть усечен внутренний тор корпуса (α//α//β).

Слева и справа к тору примыкают цилиндры, пересекающиеся с ним по окружностям, которые проецируются на изображениях в виде прямых линий. При плавном сопряжении линии пересечения на чертеже не показывают. Используя размеры h и $n = 46$ мм (см. рис. 7.30), вычерчивают на главном виде горизонтальную стенку с цилиндрическим отверстием диаметром 37 мм, а затем — наклонные стенки. Радиусы литых скруглений одинаковы. Отдельные радиусы на чертеже могут быть больше или меньше, но они одинаковы снаружи и внутри. Поверхности без скруглений обработаны.

Чертежи деталей, изготовленных на металлорежущих станках. При выполнении рабочих чертежей деталей, ограниченных преимущественно поверхностями вращения, главное изо-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

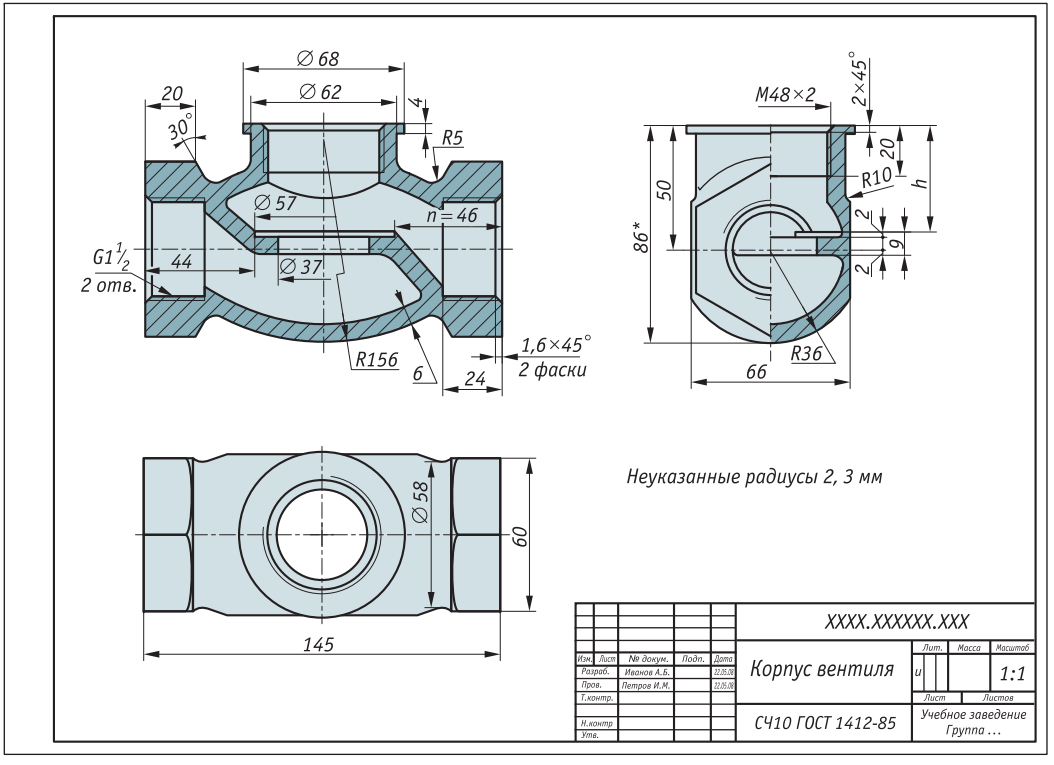

∅ 68
∅ 62
20
30°
4
R5
∅ 57
n = 46
G1 1/2
2 отв.
44
∅ 37
R156
6
24
1,6×45°
2 фаски
M48×2
2×45°
20
h
R10
50
86*
2
9
2
R36
66
∅ 58
60
145
Неуказанные радиусы 2, 3 мм
XXXX.XXXXXX.XXX
Корпус вентиля
СЧ10 ГОСТ 1412-85
Учебное заведение
Группа ...
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Иванов А.Б.
Пров. Петров И.М.
Т.контр.
Н.контр
Утв.
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов

Рис. 7.30

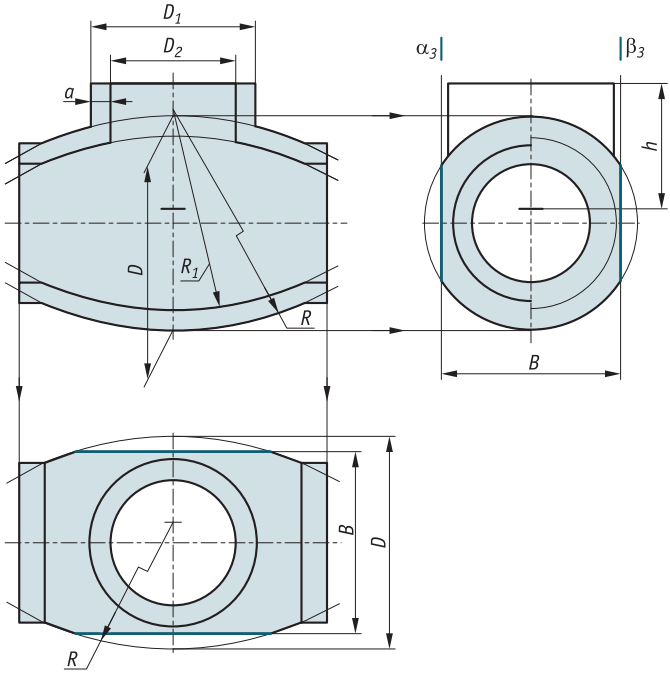
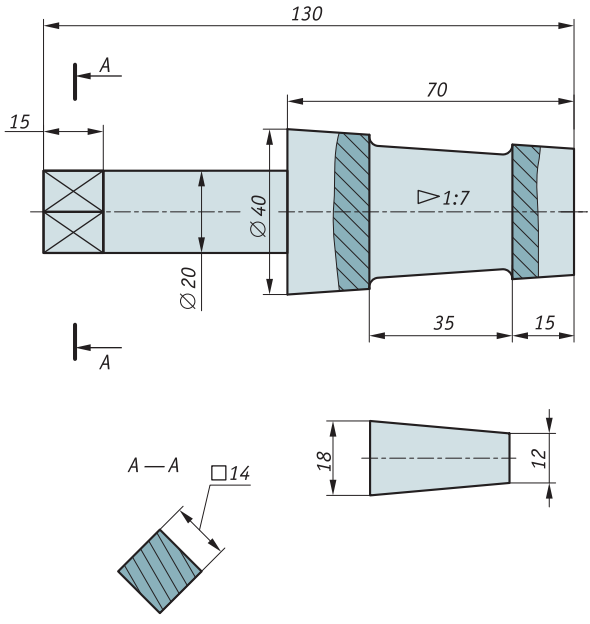


Рис. 7.31

бражение располагают так, чтобы ось детали была параллельна основной надписи, а наибольший диаметр был слева. Рабочий чертеж пробки (рис. 7.32) содержит четыре изображения: вид спереди — главный вид; дополнительный вид — вид «на окно», расположенный в проекционной связи с главным видом; местный разрез, выполненный на месте главного вида и позволяющий выявить форму и размеры внутренней полости пробки. Вынесенное сечение *А—А* уточняет форму и размеры призматического элемента пробки, расположенного на левом конце детали.

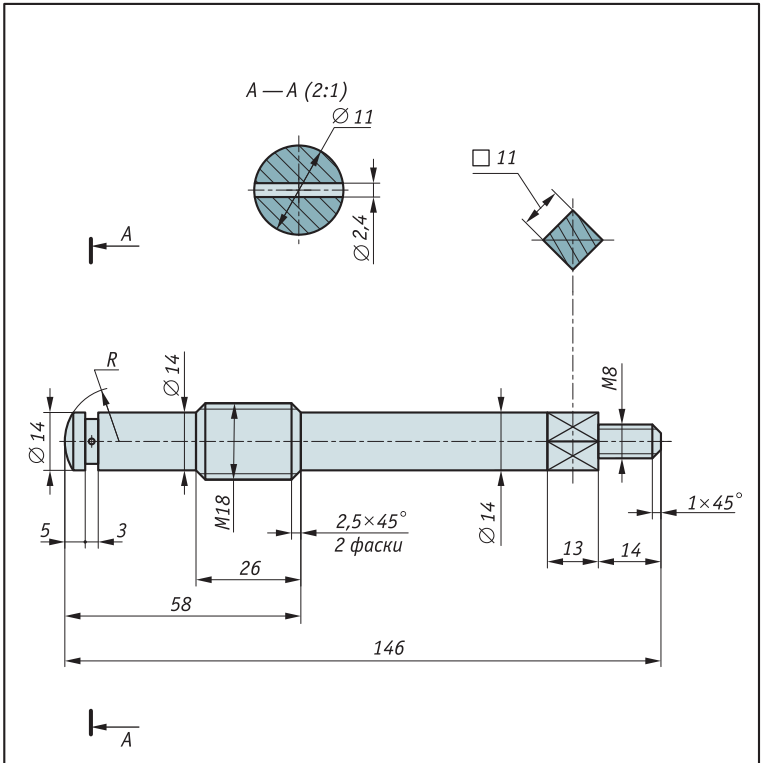
Рабочий чертеж детали — шпинделя с метрической резьбой — имеет три изображения: главный вид и два вынесенных сечения (рис. 7.33).

Чертеж детали из пластмассы. Чертеж корпуса из пластмассы, изготовленный прессованием, содержит три изображения: главный вид (вид спереди), вид сверху и фронтальный разрез, совмещенный с главным видом (рис. 7.34). Находящуюся в плоскости разреза часть детали заштриховывают в клетку.



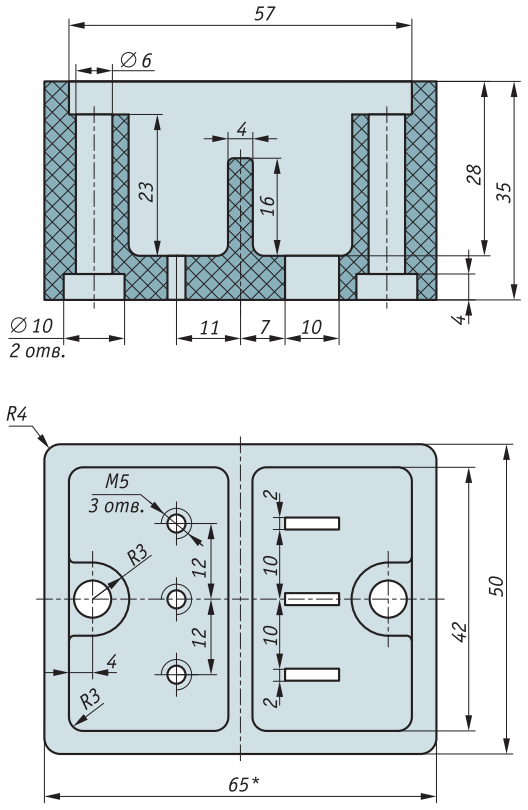
					XXXX.XXXXXX.XXX			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пробка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Иванов А.Б.		22.05.08		И		1:1
Пров.		Петров И.М.		22.05.08		Лист		Листов
Т.контр.								
Н.контр					СЧ 10 ГОСТ 1412—85	Учебное заведение Группа …		
Утв.								

Рис. 7.32



					XXXX.XXXXXX.XXX			
						Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шпиндель	И		1:1
Разраб.		Иванов А.Б.		22.05.08				
Пров.		Петров И.М.		22.05.08		Лист		Листов
Т.контр.								
Н.контр					Сталь 20Х ГОСТ 4543—71	Учебное заведение Группа …		
Утв.								

Рис. 7.33



Неуказанные радиусы 2 мм
*Размеры для справок

					XXXX.XXXXXX.XXX	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус	Лит. / Масса / Масштаб: И / 2,5:1
Разраб.		Иванов А.Б.		22.05.08		Лист / Листов
Пров.		Петров И.М.		22.05.08		
Т.контр.						
Н.контр					Текстолит Б-8 ГОСТ 2910—74	Учебное заведение Группа …
Утв.						

Рис. 7.34

7.9. ИЗОБРАЖЕНИЕ, ОБОЗНАЧЕНИЕ И НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

Изображение и нанесение размеров элементов таких деталей, как проточки, пазы, фаски, выемки под головки винтов и другие, стандартизовано. На рабочих чертежах их изображают упрощенно или условно, а для точной передачи формы — в увеличенном масштабе.

Элементы с плоскими гранями под ключ используют для поворота детали гаечным ключом. К таким деталям относятся головки болтов, гаек и винтов с наружным (рис. 7.35, *а*, *б*) или внутренним (рис. 7.35, *в*) углублением шестиугольного или квадратного сечений, а также с лыской. На рис. 7.36 приведены номинальные значения размера «под ключ» S (ГОСТ 2838—80).

Фаски применяют для притупления острых углов деталей или для облегчения сборки, например при свинчивании резьбовых соединений. Их выполняют на поверхностях вращения или на ребрах гранных изделий (см. рис. 1.37).

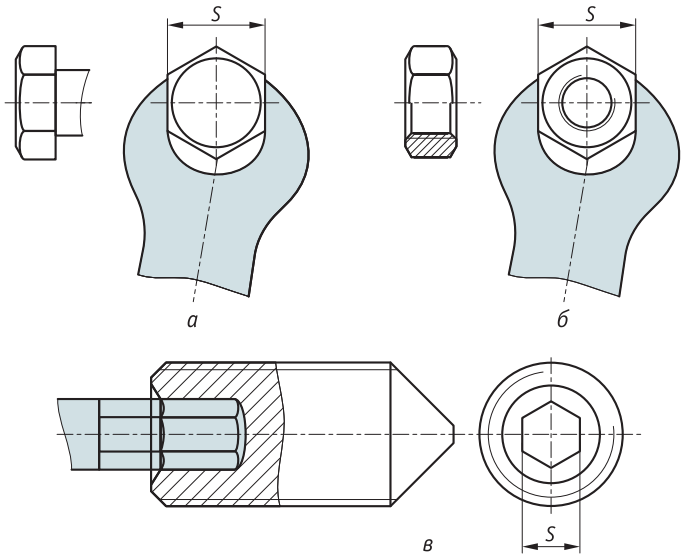
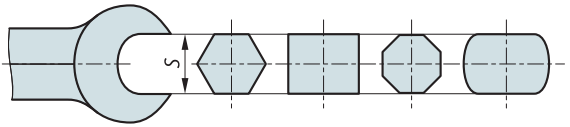


Рис. 7.35

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



2,5	3,2	4	5	5,5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	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

Рис. 7.36

Открытые сквозные пазы (рис. 7.37, *а*) вычерчивают в трех изображениях: главный вид и совмещенный с ним полный или местный разрезы, а также вид сверху. На виде сверху показывают размеры формы паза: длину, ширину, радиус скругления и размер *l*, фиксирующий положение паза от боковой стороны де-

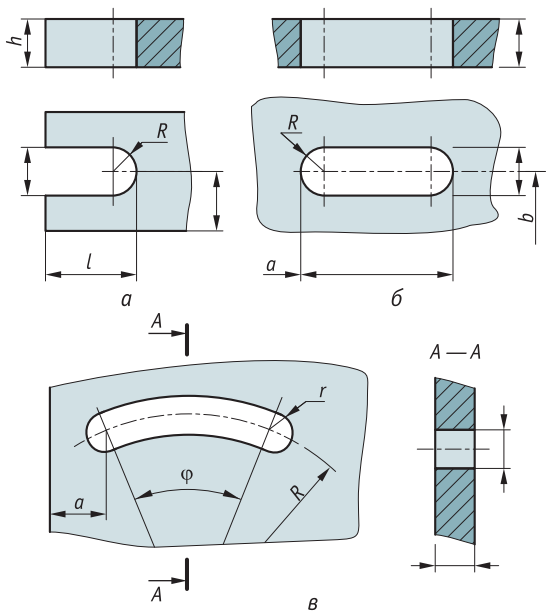


Рис. 7.37

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

тали, если паз расположен не по ее оси симметрии. На главном виде показывают глубину h, как правило, равную толщине основания детали.

Продолговатый сквозной паз (рис. 7.37, *б*) вычерчивают в трех изображениях: главный вид; вид, совмещенный с фронтальным разрезом; вид сверху. На виде сверху показывают размеры формы паза: длину, ширину, радиус скругления и размеры a и b, фиксирующие положения паза в детали. ГОСТ 2.307—68 допускает не наносить на чертеже размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий.

Сквозные продолговатые дуговые пазы показаны на рис. 7.37, *в*. Продольную ось такого паза располагают по дуге. На виде сверху наносят размеры формы: радиус скругления, угол между центрами радиусов скругления, радиус продольной оси отверстия и размер положения — расстояние от края детали до одного из центров радиуса скругления. Ширину и глубину отверстия указывают на поперечном разрезе *А*—*А*.

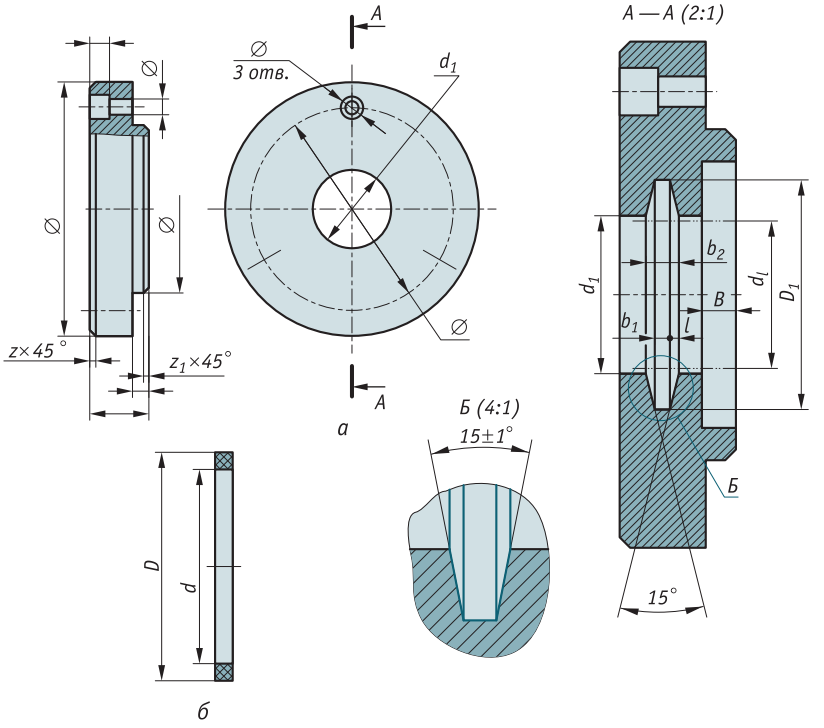


Рис. 7.38

Канавки под уплотнительные кольца из фетра и войлока показаны на рис. 7.38. В крышке (рис. 7.38, *а*) имеется канавка под фетровое кольцо (рис. 7.38, *б*), уплотняющее место выхода вала из корпуса. Размеры трапецеидального профиля канавки наносят на разрезе или выносном элементе, выполняемом в увеличенном масштабе (разрез *А*—*А* и выносной элемент *Б*).

7.10. ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ СО СТАНДАРТНЫМИ ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

7.10.1. Чертежи пружин

ГОСТ 2.401—68 устанавливает условные изображения и правила выполнения чертежей пружин. По форме пружины подразделяются на винтовые цилиндрические и конические, пластинчатые, спиральные, тарельчатые и др. Поперечное сечение витка винтовой пружины может быть круглым, квадратным и прямоугольным. По условиям действия пружины подразделяются на пружины сжатия и растяжения. Условные изображения пружин с круглым поперечным сечением приведены в табл. 7.4.

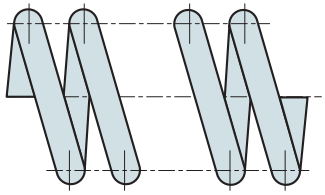
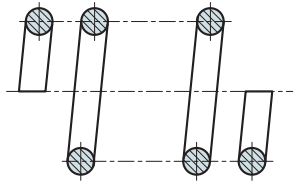
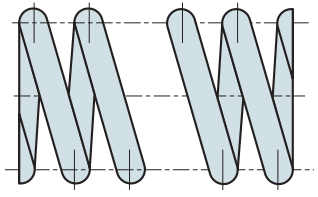
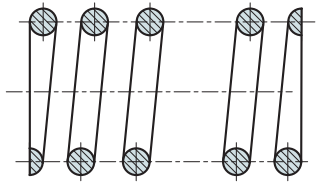
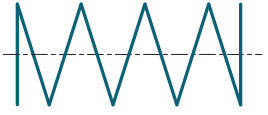
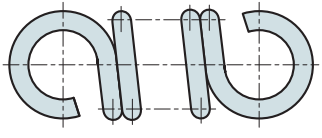
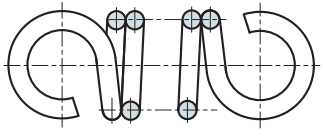
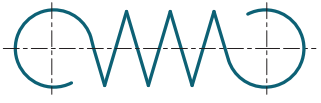
Рассмотрим установленные стандартом правила выполнения рабочих чертежей пружин с круглым поперечным сечением:

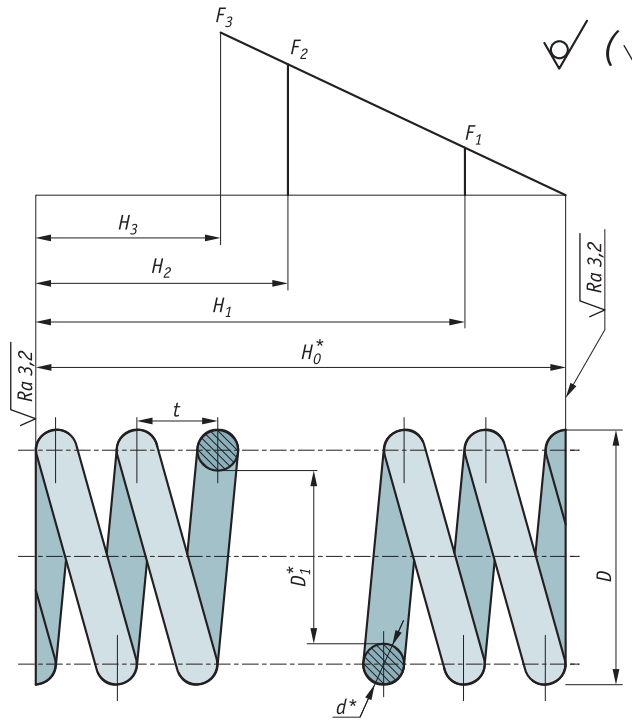
- ось винтовых пружин на чертежах располагают горизонтально;
- пружины изображают только с правой навивкой (действительное направление навивки указывают в технических требованиях);
- пружины вычерчивают в нерабочем (свободном) состоянии;
- рабочие витки цилиндрических и конических пружин изображают параллельными прямыми (взамен синусоид);
- на чертеже изображают один-два витка с каждого конца без опорных витков у пружин сжатия и зацепов у пружин растяжения. Взамен непоказанных витков проводят осевые линии через центры сечений витков по длине пружины.

Для обеспечения центрирования пружины сжатия и предотвращения перекосов в работе на ее концах выполняют плоские

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 7.4

Вид пружины	На виде	В разрезе (на сборочных чертежах)	С толщиной сечения на чертеже 2 мм и менее
Пружина сжатия из проволоки круглого сечения с неподжатыми и нешлифованными крайними витками			
Пружина сжатия с поджатыми по 3/4 витка с каждого конца и шлифованными на 3/4 окружности опорными поверхностями			
Пружина растяжения из проволоки круглого сечения с зацепами, открытыми с противоположных сторон и расположенными в одной плоскости			



1. Число рабочих витков n
2. Число витков полное n_1
3. Направление навивки …
4. *Размеры для справок

					XXXX.XXXXXX.XXX			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пружина	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Иванов А.Б.		22.05.08		И		1:1
Пров.		Петров И.М.		22.05.08		Лист		Листов
Т.контр.								
Н.контр					Сталь 60Г ГОСТ 14959—79	Учебное заведение Группа …		
Утв.								

Рис. 7.39

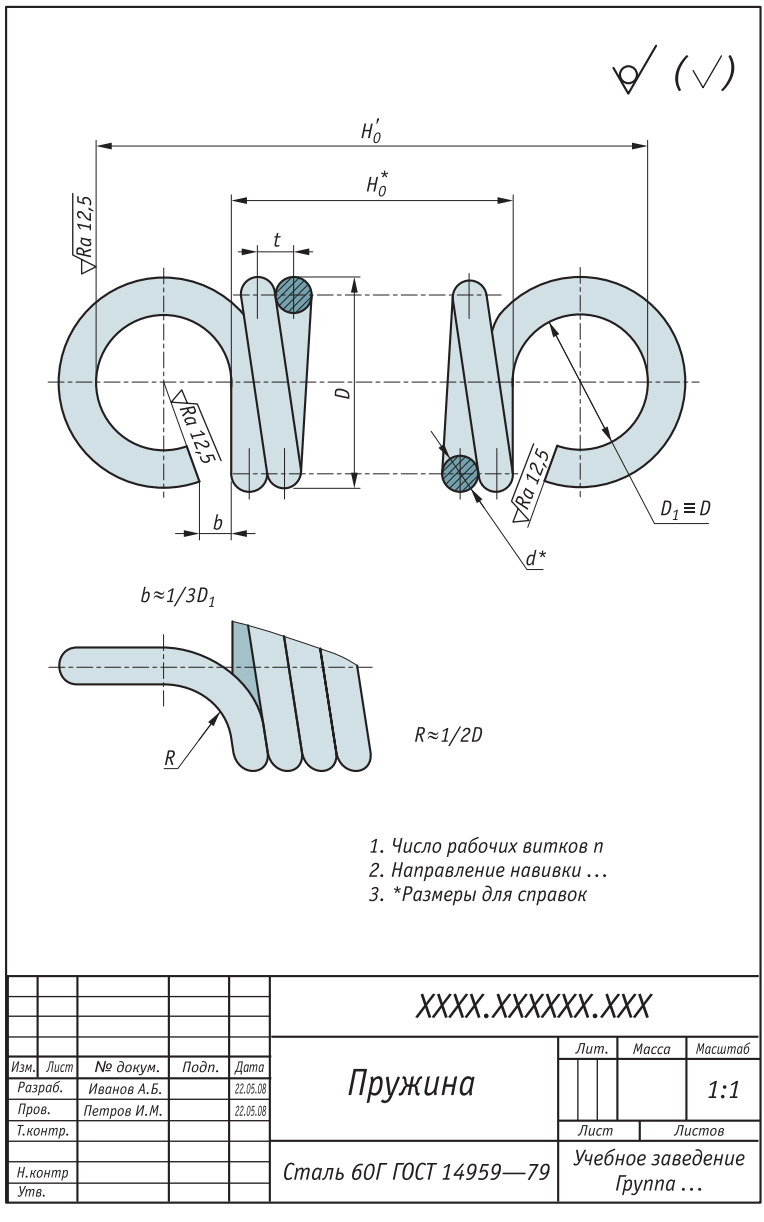

(√)
H_0'
H_0^*
Ra 12,5
t
D
Ra 12,5
Ra 12,5
b
$D_1 \equiv D$
d*
$b \approx 1/3 D_1$
R
$R \approx 1/2 D$
1. Число рабочих витков n
2. Направление навивки …
3. *Размеры для справок
XXXX.XXXXXX.XXX
Пружина
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Иванов А.Б. 22.05.08
Пров. Петров И.М. 22.05.08
Т.контр.
Н.контр
Утв.
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов
Сталь 60Г ГОСТ 14959—79
Учебное заведение
Группа …

Рис. 7.40

опорные поверхности поджатием по целому витку или по 3/4 витка, которые шлифуют на 3/4 окружности по торцу пружины. Кроме рабочих витков пружины имеют два или полтора поджатых (опорных) витка. В отличие от пружин сжатия (рис. 7.39), имеющих зазоры в свободном состоянии, пружины растяжения (рис. 7.40) выполняют без зазоров между витками, т. е. в свободном состоянии шаг t равен диаметру проволоки. На рабочих чертежах пружин вычерчивают диаграмму механической характеристики пружины и размещают основные технические требования (см. рис. 7.39). На диаграмме указывают зависимость между осевой деформацией (H_1, H_2, H_3) и осевой силой (F_1, F_2, F_3), прикладываемой к пружине. Методики определения размеров цилиндрических пружин сжатия и растяжения приведены в ГОСТ 13764—86.

7.10.2. Чертежи зубчатых передач

Правила выполнения чертежей деталей зубчатых и червячных передач, имеющих рабочие элементы зацепления в виде зубьев различного профиля и размеров, регламентируют ГОСТ 2.403—75, ГОСТ 2.404—75, ГОСТ 2.405—75, ГОСТ 2.406—76, ГОСТ 2.407—75. Чертежи деталей этой группы характерны условными изображениями элементов зацепления (зубьев и витков). Часть размеров и данных, относящихся к элементам зацепления, указывают в таблице параметров, состоящей из трех отделенных друг от друга сплошными основными линиями частей, и располагают ее в правом верхнем углу чертежа. Первая часть таблицы — основные данные, вторая часть — данные для контроля, третья часть — справочные данные. Графы таблицы со знаком «*» (рис. 7.41) могут отсутствовать.

На рабочем чертеже *прямозубого цилиндрического зубчатого колеса* (см. рис. 7.41) главный вид совмещен с фронтальным разрезом, а на виде слева показан контур отверстия со шпоночным пазом, так как вид слева не нужен при изготовлении зубчатого колеса. На изображении зубчатого колеса (ГОСТ 2.403—75) указывают: диаметр вершин зубьев; ширину венца; угол сектора по окружности вершин зубьев для зубчатого сектора; размеры фасок или радиусы кривизны линий притупления (на кромках зубьев допускается указывать в технических требованиях); шероховатость боковых поверхностей зубьев. Рабочий чертеж *цилиндрического зубчатого колеса с косыми зубьями* по расположению и чис-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

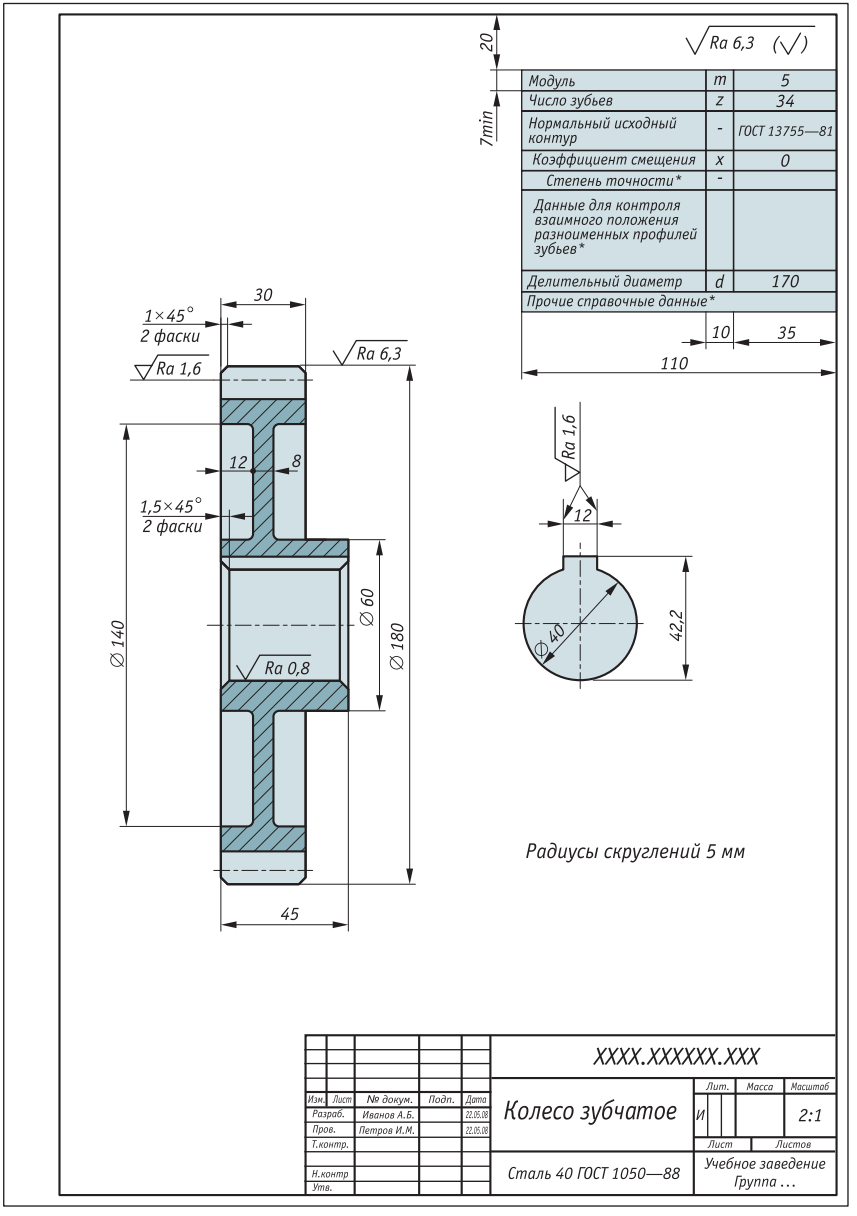

Ra 6,3 (√)
20
7min
Модуль m 5
Число зубьев z 34
Нормальный исходный контур - ГОСТ 13755—81
Коэффициент смещения x 0
Степень точности* -
Данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев*
Делительный диаметр d 170
Прочие справочные данные*
10
35
110
30
1×45°
2 фаски
Ra 1,6
Ra 6,3
12
8
1,5×45°
2 фаски
∅ 140
∅ 60
∅ 180
Ra 0,8
45
Ra 1,6
12
∅ 40
42,2
Радиусы скруглений 5 мм
XXXX.XXXXXX.XXX
Колесо зубчатое
Лит.
Масса
Масштаб
2:1
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Иванов А.Б. 22.05.08
Пров. Петров И.М. 22.05.08
Т.контр.
Н.контр
Утв.
Сталь 40 ГОСТ 1050—88
Лист
Листов
Учебное заведение
Группа …

Рис. 7.41

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

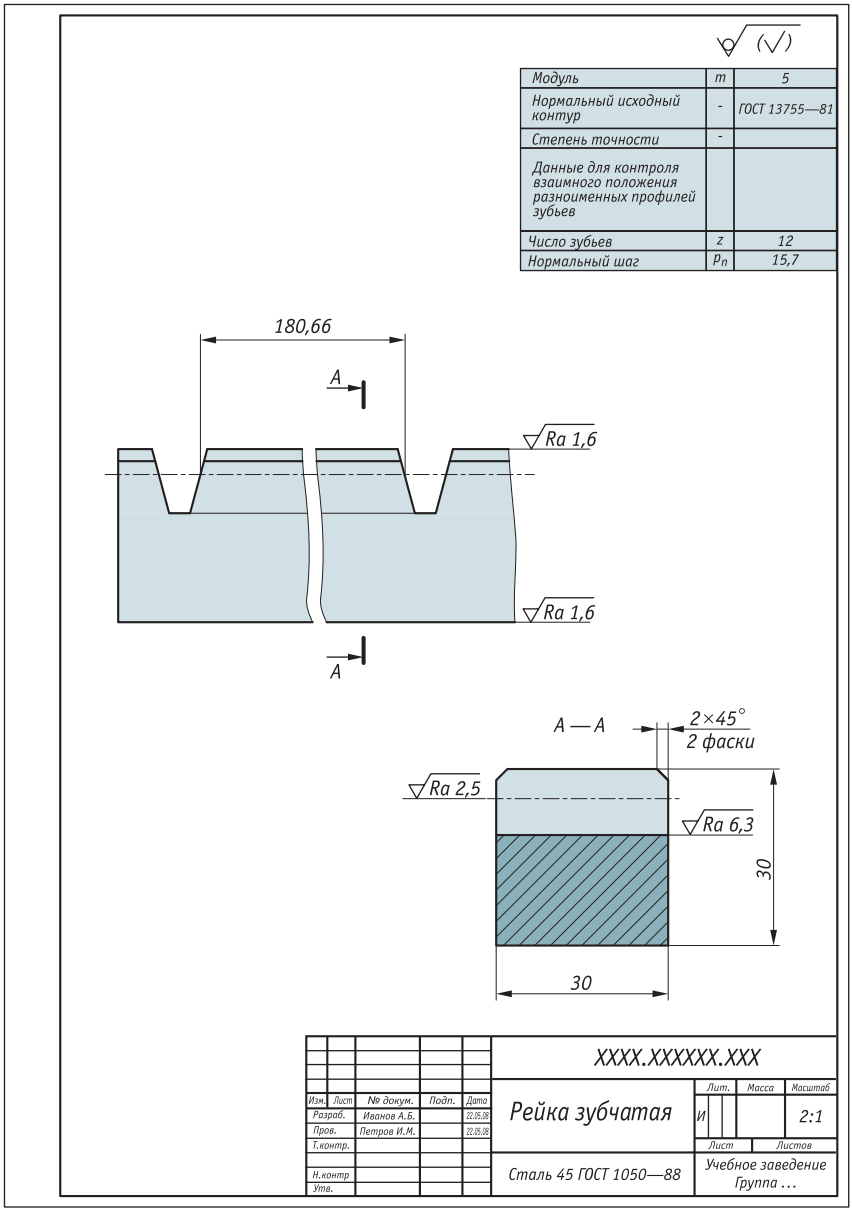


Рис. 7.42

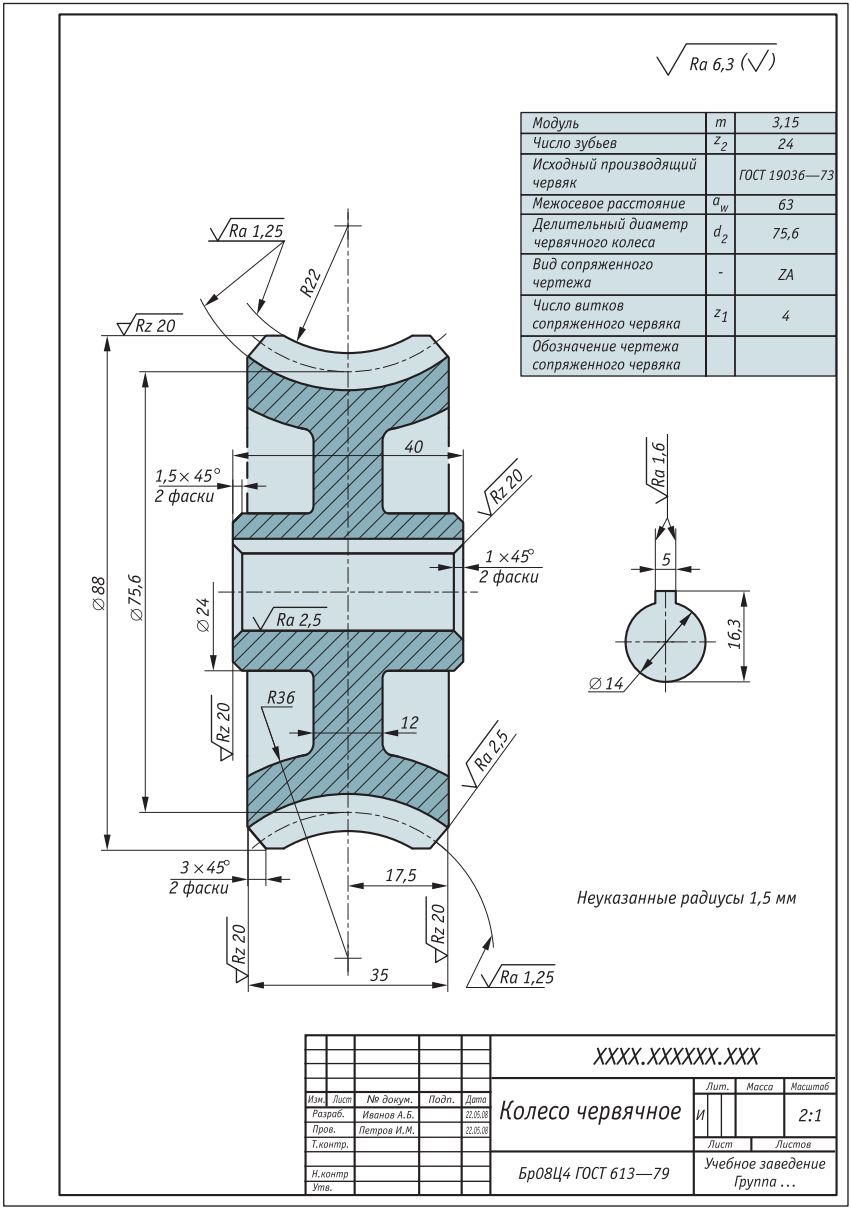
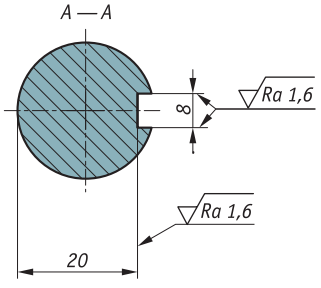
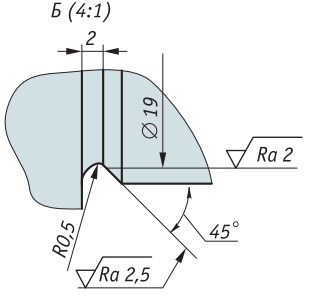

Ra 6,3 (√)
Модуль m 3,15
Число зубьев z2 24
Исходный производящий червяк ГОСТ 19036—73
Межосевое расстояние aw 63
Делительный диаметр червячного колеса d2 75,6
Вид сопряженного чертежа - ZA
Число витков сопряженного червяка z1 4
Обозначение чертежа сопряженного червяка
Ra 1,25
R22
Rz 20
40
1,5× 45°
2 фаски
Rz 20
1 ×45°
2 фаски
∅ 88
∅ 75,6
∅ 24
Ra 2,5
R36
12
Rz 20
Ra 2,5
3 ×45°
2 фаски
17,5
Rz 20
Rz 20
35
Ra 1,25
Ra 1,6
5
16,3
∅ 14
Неуказанные радиусы 1,5 мм
XXXX.XXXXXX.XXX
Колесо червячное
Лит.
Масса
Масштаб
2:1
Лист
Листов
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Иванов А.Б. 22.05.08
Пров. Петров И.М. 22.05.08
Т.контр.
Н.контр
Утв.
БрО8Ц4 ГОСТ 613—79
Учебное заведение
Группа …

Рис. 7.43

Ra 6,3

Модуль	m	3,15
Число витков	z_1	4
Вид червяка	-	ZA
Делительный угол подъема	γ	14°02'10"
Направление линий витка		Правое
Исходный червяк		ГОСТ 19036—73
Делительный диаметр	d_1	50,04
Ход витка	p_{z1}	39,56





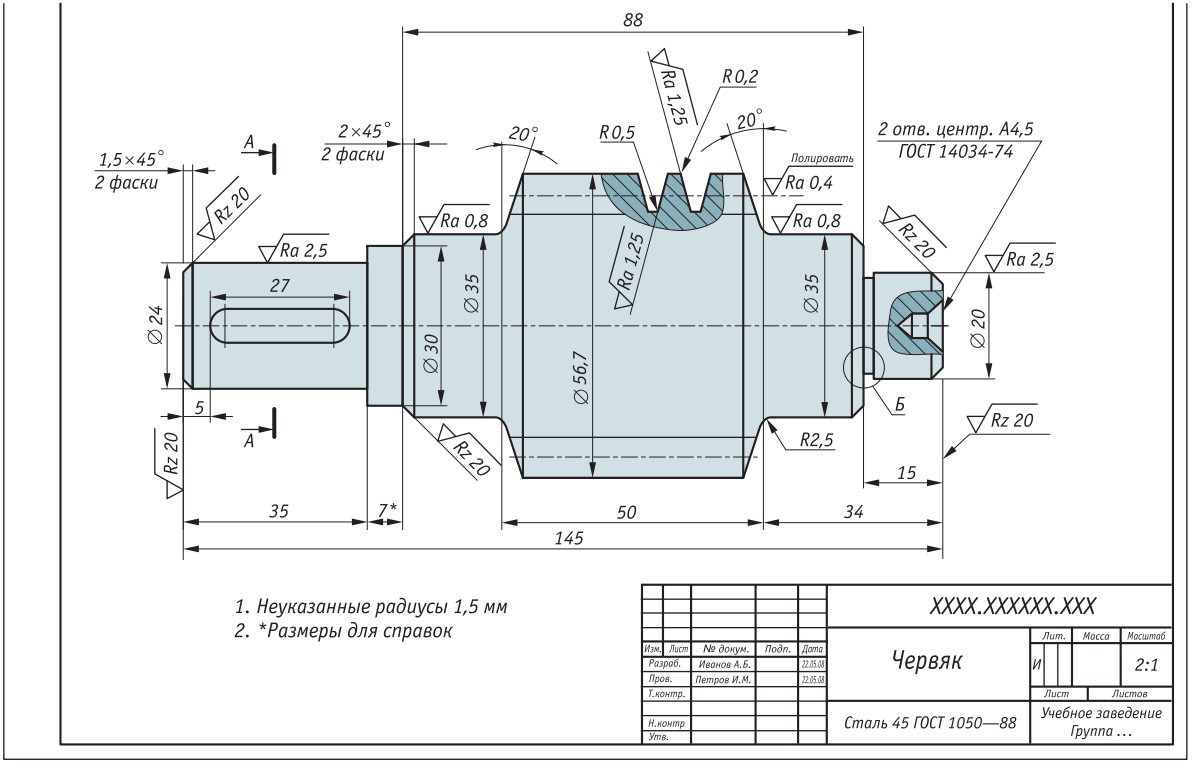

88
Ra 1,25
R0,2
20°
R0,5
2 отв. центр. А4,5
ГОСТ 14034-74
1,5×45°
2 фаски
A
2×45°
2 фаски
Полировать
Ra 0,4
Rz 20
Ra 0,8
Ra 2,5
Rz 20
Ra 0,8
Ra 2,5
27
Ø 24
Ø 35
Ø 30
Ø 56,7
Ra 1,25
Ø 35
Ø 20
Б
5
A
Rz 20
Rz 20
R2,5
Rz 20
15
35
7*
50
34
145
1. Неуказанные радиусы 1,5 мм
2. *Размеры для справок
XXXX.XXXXXX.XXX
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Иванов А.Б. 22.05.08
Пров. Петров И.М. 22.05.08
Т.контр.
Н.контр
Утв.
Червяк
Сталь 45 ГОСТ 1050—88
Лит. Масса Масштаб
И 2:1
Лист Листов
Учебное заведение
Группа …

Рис. 7.44

лу изображений соответствует чертежу (см. рис. 7.41). Таблицу дополняют графами «Угол наклона» и «Направление линии зуба».

Согласно ГОСТ 2.404—75 на рабочем чертеже *прямозубой зубчатой рейки* (рис. 7.42) указывают: длину нарезанной части рейки; размеры фасок или радиусы кривизны линий притупления на кромках зубьев (допускается указывать в технических требованиях); шероховатость боковых поверхностей зубьев. На чертеже рейки изображают профили двух крайних впадин с указанием длины нарезанной части по линии делительной поверхности. Линию вершин показывают сплошной основной, линию делительной поверхности — штрихпунктирной, а линию впадин не показывают или показывают сплошной тонкой.

Рабочие чертежи *червячного колеса* и *цилиндрического червяка* с учетом требований ГОСТ 2.406—76 представлены на рис. 7.43, 7.44. Стандарт устанавливает правила выполнения чертежей и условные обозначения различных видов червяков: *ZA* — архимедов червяк; *Z1* — эвольвентный червяк; *ZN1* — конволютный червяк с прямолинейным профилем витка; *ZN2* — конволютный червяк с прямолинейным профилем впадины.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой элемент детали называется лыской?
2. Что такое координатный способ нанесения размеров?
3. Какие поверхности называются сопрягаемыми?
4. Чем эскиз отличается от рабочего чертежа?
5. Что обозначают цифры, стоящие после букв в обозначении марки стали?
6. Назовите этапы выполнения эскиза детали.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 8

ЧЕРТЕЖИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

8.1. ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА

Чертеж общего вида (ВО) — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Этот документ является основой для разработки рабочей документации: спецификаций, чертежей деталей и сборочных чертежей всего изделия или отдельных сборочных единиц. Такой чертеж должен давать представление об изделии в целом; о деталях, входящих в изделие; о взаимодействии всех деталей и возможности обеспечения сборки и контроля.

Чертеж общего вида должен содержать: изображение изделий с их видами, разрезами и сечениями; документ (текстовую часть), содержащую описание устройства и принцип действия изделия и взаимодействия его составных частей; данные о составе изделия (наименование и обозначение составных частей изделия на чертеже общего вида указывают на полках линий-выносок или в таблице (ГОСТ 2.120—78), которую располагают на чертеже общего вида изделия или на отдельном листе формата А4); размеры с предельными отклонениями, проверяемые при сборке; указания об обработке деталей в процессе сборки и после нее; указания о характере сопряжений и способе их исполнения; габаритные, установочные и присоединительные размеры; движущиеся механизмы в крайних предельных положениях; основную надпись.

По чертежам общих видов разрабатывают спецификацию — основной конструкторский документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Характерным признаком чертежа общего вида является отсутствие самой спецификации. Как графический документ чертеж общего вида содержит больше информации, чем сборочный чертеж. Чертеж общего

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

вида сопровождается текстовой частью — описанием, необходимым для понимания конструктивного устройства изделия и принципа его действия.

8.2. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ. УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ НА СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

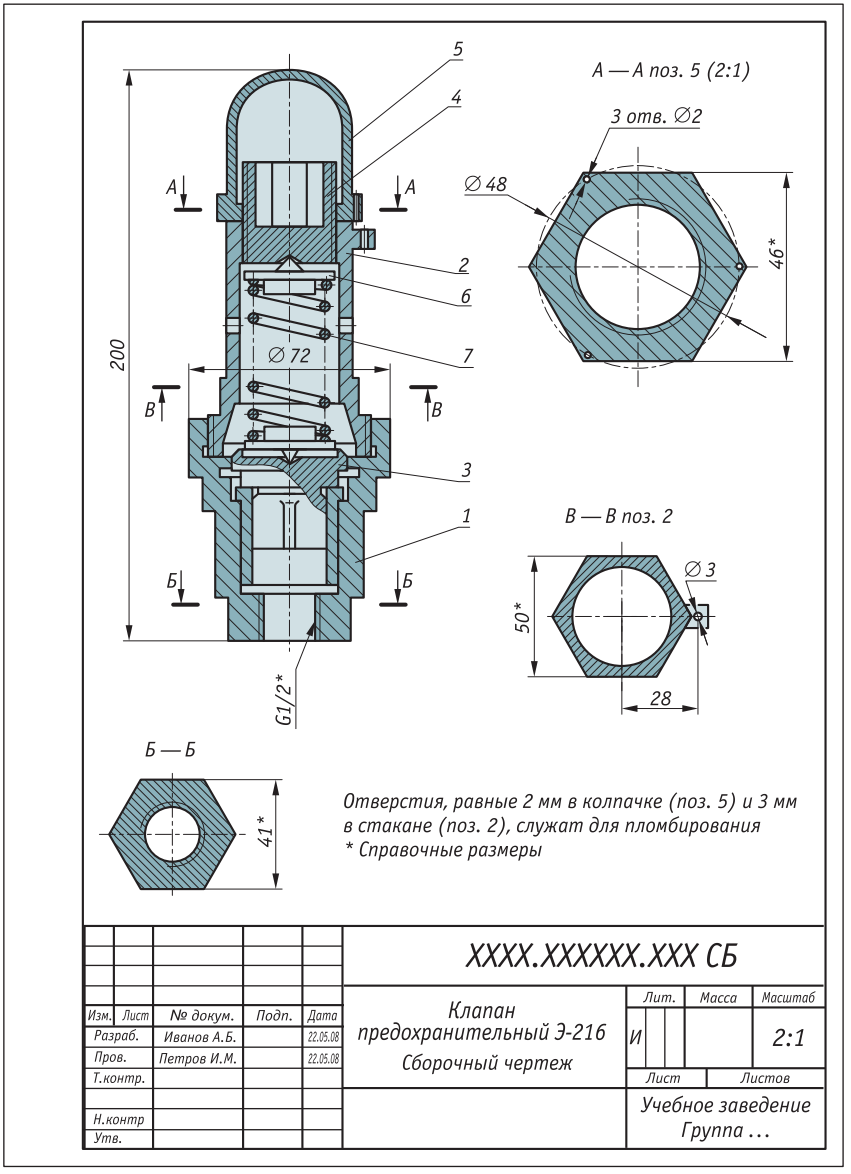
8.2.1. Сборочный чертеж

Сборочный чертеж (СБ) — документ, содержащий изображение изделия и данные, необходимые для его сборки и контроля. Его составляют на стадии разработки конструкторской документации на основе технического или эскизного проекта. По сборочному чертежу проводят монтаж и демонтаж изделия и его составных частей. Такой чертеж должен содержать: изображение сборочной единицы с минимальным, но достаточным количеством видов, разрезов и сечений, дающих полное представление о расположении и взаимодействии его составных частей и обеспечивающих сборку и контроль изделия; размеры (габаритные, определяющие предельные внешние очертания изделия; установочные и присоединительные — размеры центровых окружностей, по которым расположены отверстия и диаметры отверстий под крепежные детали, расстояния между отверстиями и т. п.).

На рис. 8.1, *а* показан сборочный чертеж «Клапан предохранительный Э-216», а на рис. 8.1, *б* — спецификация, являющаяся основным конструкторским документом, который обязательно прикладывается к сборочному чертежу. На сборочном чертеже указывают справочные размеры (например, эксплуатационные: диаметры проходных отверстий, размеры резьбы на присоединительных штуцерах); размеры «под ключ» и размеры, указывающие на расчетную и конструктивную характеристику изделия (например, число зубьев, модуль и т. п.); номера позиций.

На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами и помещать изображение пограничных (соседних) изделий — «обстановку» — и размеры, определяющие их взаимное расположение. Предметы «обстановки» выполняют упрощенно и приводят данные для определения места установки методов крепления и присоединения изделия. Указания о наименовании или обозначении предмета, составляющего «обстановку», помещают на изображении (рис. 8.3) (например:

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



а

Рис. 8.1 (см. также с. 262)

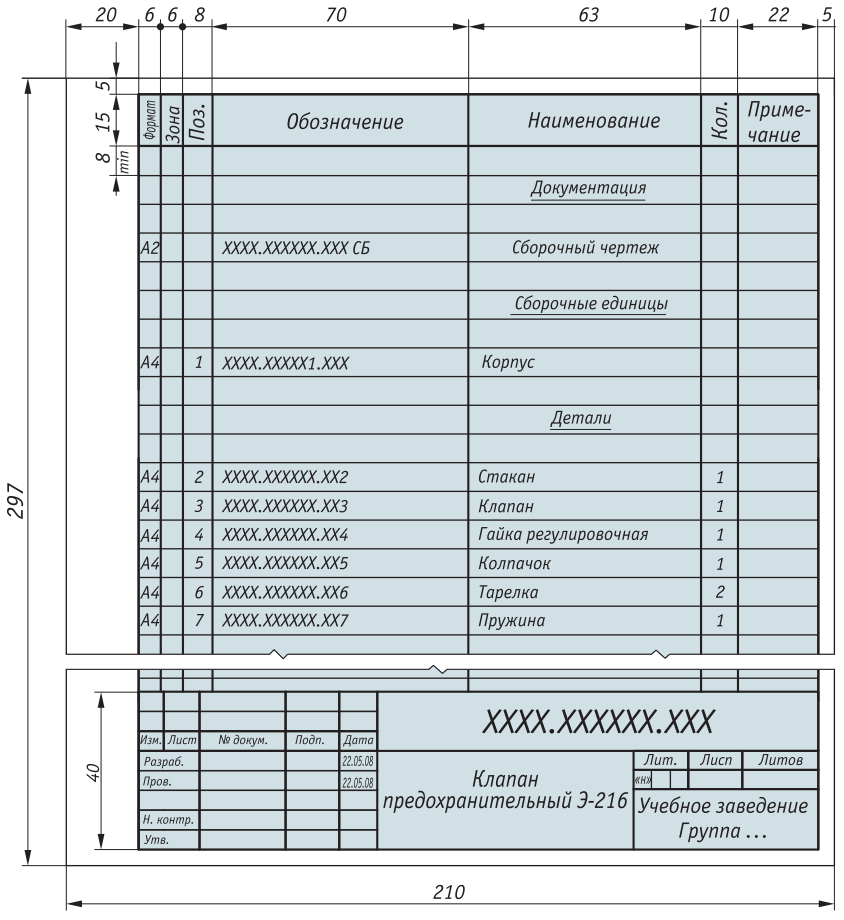


Рис. 8.1. Окончание

«Шланг воздуховода») или на полке линии-выноски. Сборочные чертежи следует выполнять с упрощениями, рекомендованными стандартами ЕСКД.

8.2.2. Условности и упрощени на сборочных чертежах

При выполнении сборочного чертежа применяют следующие условности и упрощения (рис. 8.2) в изображении элементов де-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

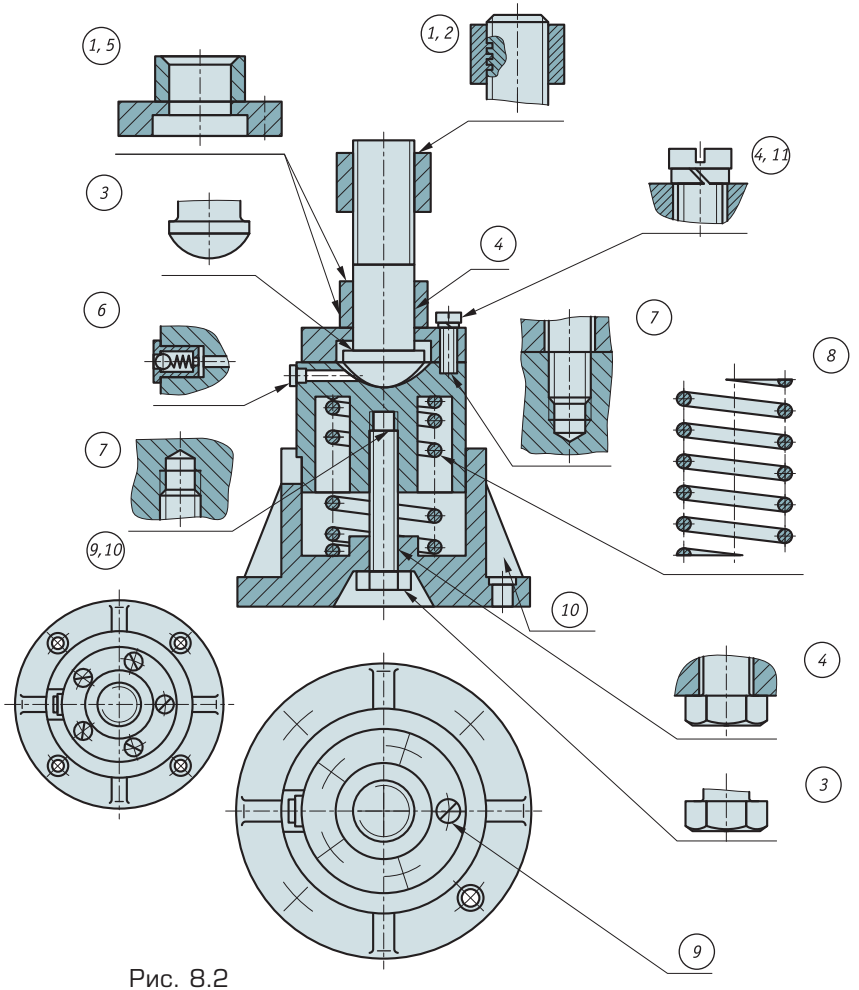


Рис. 8.2

талей (ГОСТ 2.109—73) — не показывают фаски у нажимного винта и втулки*;

1) профиль нестандартной прямоугольной резьбы у нажимного винта показывают условно;

2) не показывают галтели у винта и нажимного винта;

* На полках линий-выносок показаны изображения без учета условностей и упрощений.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

3) крепежные детали (винты, болты и т.д.) в соединениях изображают упрощенно; зазоры между нажимным винтом и крышкой, а также между винтом и корпусом не показывают;

4) сварные, паяные, клееные и впрессованные изделия в сборе в разрезах и сечениях штрихуют, как монолитный предмет, в одну сторону. Границу между деталями изделия проводят основной линией;

5) отдельные стандартные сборочные единицы (например, масленки) изображают нерассеченными;

6) фаски стержня, болта, винта, сбег резьбы и конусный конец глухого отверстия на сборочных чертежах не изображают;

7) при изображении пружин с числом витков более четырех рекомендуется показывать с каждого конца пружины один-два витка;

8) если крепежные детали однотипны, то на виде или в плоскости разреза показывают одно крепежное соединение или отверстие, а вместо остальных наносят осевые линии; крепежные соединения или отверстия на круглых фланцах, не попавшие в разрез, условно показывают в плоскости разреза; шлицы на головках винтов изображают одной сплошной основной линией (утолщенной);

9) на виде, перпендикулярном к оси винта, линию проводят под углом 45° к рамке чертежа. Если линия шлица, проведенная под углом 45° к основной надписи, совпадает с центровой линией или близка по направлению к ней, то линию шлица проводят под углом 45° к центровой линии. На сборочном чертеже допускается: не показывать крышки, кожухи, маховики, щиты, перегородки, если необходимо показать закрытые ими составные части изделия (в этом случае над изображением делают соответствующую надпись «Деталь поз. *5* не показана», а изображение детали вычерчивают отдельно на поле чертежа с надписью «*А* дет. поз. *5*»); показывать нерассеченными в проходящем вдоль оси разрезе валы, рукоятки, стержни, оси и стандартные детали (болты, винты, шпильки, гайки, шайбы, шпонки); показывать нерассеченными в разрезе зубья зубчатых колес и спицы маховиков, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента;

10) изображать пружину сечениями ее витков, при этом изделия, расположенные за пружиной, считаются условно невидимыми до осевой линии сечения витков. Сечение витков диаметром или толщиной на чертеже 2,5 мм и менее следует зачернить (рис. 8.3, *а*). Витки винтовых пружин толщиной на чертеже 2 мм и менее изображают в виде прямых утолщенных линий (рис. 8.3, *б*). Если секущая плоскость проходит через ось пружины, то в

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

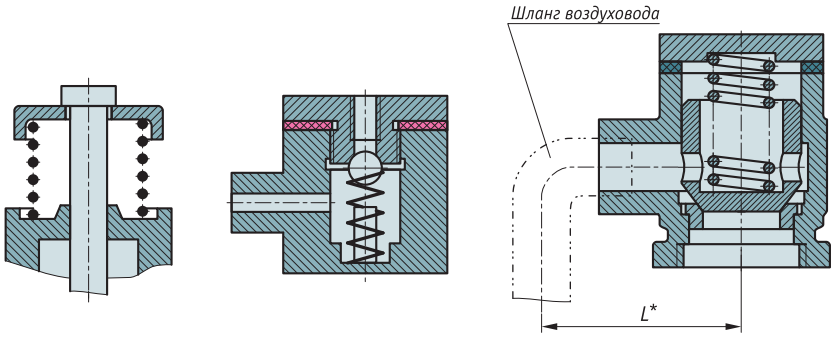


Рис. 8.3

плоскости разреза пружину изображают сечением ее витков (рис. 8.3, *в*). Витки, находящиеся за плоскостью разреза, показывают упрощенно прямыми линиями, а изделия, расположенные за пружиной, считают видимыми и вычерчивают по правилам разреза. Шарики на сборочных чертежах изображают всегда нерассеченными. Линии пересечения поверхностей вычерчивают упрощенно, заменяя лекальные кривые дугами окружностей или прямыми линиями.

8.2.3. Изображение типовых составных частей изделий на сборочных чертежах

Рассмотрим особенности изображения на сборочных чертежах типовых узлов изделий и устройств. *Затворы* всех видов армату-

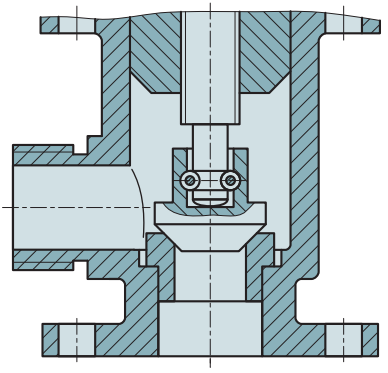
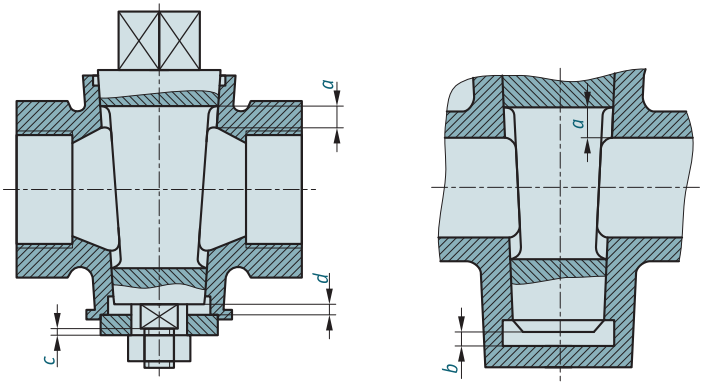


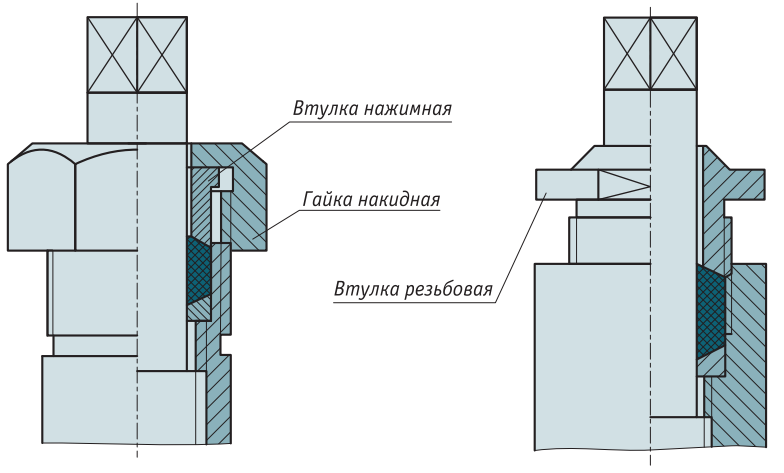
Рис. 8.4

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

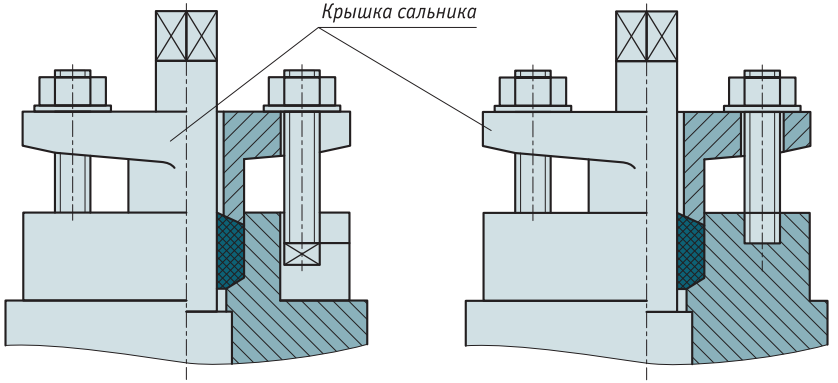


а б

Рис. 8.5



а б



в г

Рис. 8.6

ры (на вентилях, задвижках и т. д.) изображают в рабочем (закрытом) положении (рис. 8.4).

Краны трубопроводов (краны пробковые) изображают в открытом положении (рис. 8.5). Окно в пробке крана не должно совпадать по высоте с границами проходного отверстия в корпусе крана. Размер *a* не дает возможности уменьшить проходное сечение крана (при износе пробка перемещается вдоль своей оси). Пробка не должна садиться на дно корпуса (размер *b* на рис. 8.5, *б*), а при креплении пробки крана гайкой и шайбой шайба не должна касаться торца выступа пробки (размер *d* на рис. 8.5, *а*). Наличие зазора *c* позволяет затягивать пробку.

Сальниковые устройства, предназначенные для герметизации подвижных соединений в запорной арматуре общего назначения (вентили, краны, задвижки и др.), изображают на сборочных чертежах следующим образом: втулку нажимную и гайку накидную (рис. 8.6, *а*), втулку резьбовую нажимную (рис. 8.6, *б*) и крышку сальника (рис. 8.6, *в*, *г*) показывают в крайнем верхнем положении, что гарантирует определение рабочей длины закладного Т-образного болта (см. рис. 8.6, *в*) или шпильки (см. рис. 8.6, *г*).

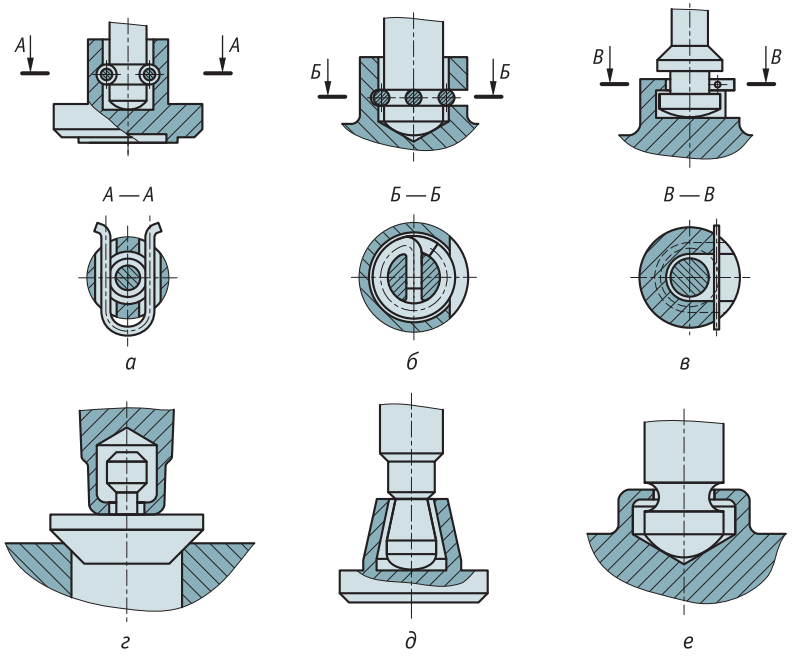


Рис. 8.7

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

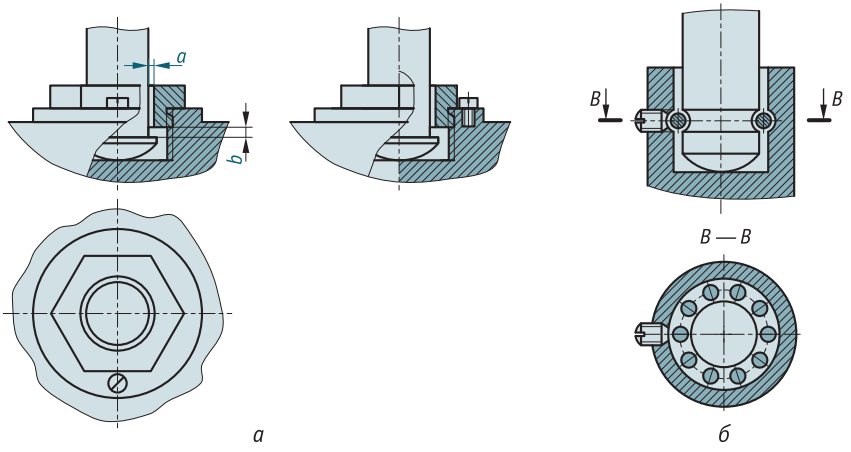


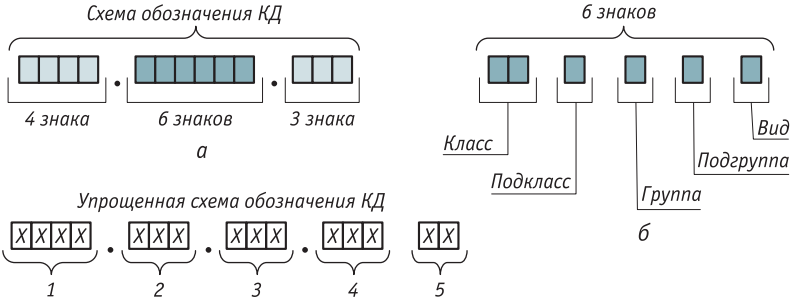
Рис. 8.8

Крепление клапана (*золотника*) *на головке шпинделя* должно обеспечивать плотное прилегание клапана к седлу. Для вентилей малых проходов (до 50 мм) применяют крепления клапана проволочной скобой (рис. 8.7, *а*), кольцом из проволоки (рис. 8.7, *б*) или обжимкой клапана (рис. 8.7, *г*, *д*, *е*). Варианты крепления клапана с большим проходом показаны на рис. 8.7, *в* и 8.8, *а* (для предотвращения самоотвинчивания гайки используют стопорный винт). Крепление клапана шариками (рис. 8.8, *б*) используется в арматуре, работающей при высоких температурах.

8.2.4. Система обозначения чертежей в конструкторской документации

Единая структура обозначения изделия и его основного конструкторского документа (ГОСТ 2.201—80) имеет 13 знаков (рис. 8.9, *а*, *б*). Первые четыре знака определяют индекс организации разработчика. Он может состоять из букв или букв и цифр. Последующие шесть знаков дают классификационную характеристику изделия, определяемую по классификатору, в котором каждое изделие, деталь и сборочная единица закодированы определенным номером. Стандартом установлен пятиступенчатый цифровой код классификационной характеристики (см. рис. 8.9, *б*). Последние три знака в структуре обозначения (см. рис. 8.9, *а*) определяют порядковый регистрационный номер.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



1 — сокращенное название учебного заведения;
2 — номер изделия;
3 — номер неразъемного соединения, входящего в сборочную единицу;
4 — номер детали;
5 — код конструкторской документации

Рис. 8.9

Обозначение изделий и конструкторских документов, выполняемых студентами в разделе «Машиностроительное черчение», в соответствии с требованиями стандарта 2.201—80 вызывает затруднения, поэтому в учебном процессе конструкторские документы рекомендуем упрощенно обозначать по схеме, представленной на рис. 8.9, *в*. Последние два знака в схеме — код конструкторского документа, присваиваемый всем конструкторским документам, кроме чертежей деталей и спецификации. Учебному сборочному чертежу изделия можно присвоить обозначение по следующей схеме: XXXX.XXXXXX.XXX СБ; сборочному чертежу его составной части — XXXX.XXXXX1.XXX; чертежу деталей — XXXX.XXXXXX.XX7; спецификации на изделие — XXXX.XXXXXX.XXX.

8.2.5. Составление спецификации

Спецификация — основной конструкторский документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и необходимый для их изготовления и комплектования конструкторской документации. Спецификация (ГОСТ 2.106—96) содержит шесть граф (см. рис. 8.1, *б*) и состоит из следующих разделов: 1) «Документация»; 2) «Комплексы»; 3) «Сборочные единицы»; 4) «Детали»; 5) «Стандартные изделия»; 6) «Прочие изделия»; 7) «Материалы»; 8) «Комплекты». Наименование раздела указыва-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ют в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией. Ниже заголовка оставляют свободную строку, а в конце раздела оставляют не менее одной строки для дополнительных записей.

Наименование сборочных единиц и деталей записывают в именительном падеже единственного числа, независимо от их количества. Если наименование состоит из двух слов, то на первом месте пишут имя существительное (например: «Колесо зубчатое», а не «Зубчатое колесо»). Согласно ГОСТ 2.104—2006 спецификацию выполняют, как правило, на отдельных листах формата А4 и сопровождают основной надписью по формам 2 или 2а (см. рис. 4.4). При составлении учебного сборочного чертежа заполняют разделы: 1) «Документация»; 2) «Сборочные единицы»; 3) «Детали»; 4) «Стандартные изделия»; 5) «Материалы».

При заполнении граф и разделов спецификации необходимо: запись деталей начинать с основных деталей, группируя последующие детали по общности назначения (опоры, оси, втулки и пр.); стандартные изделия группировать по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия, электротехнические изделия и т. п.), в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименований (например: «Болт», «Гайка», «Шайба» и т. д.), в пределах каждого наименования — в порядке возрастания обозначений стандартов (например, «Гайка М20 ГОСТ 5915—70»; «Гайка М20 ГОСТ 5927—70»), а в пределах каждого обозначения стандарта — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия (например, размер диаметра или длины): Болты ГОСТ 7798—70: М10×30; М20×35; М20×50.

Если стандартные изделия изготавливают по одному стандарту или размеры изделия обозначают числом или буквой, то записывают так: «Шайбы ГОСТ 11371—78: Шайба 8, Шайба 10, Шайба 16». Совмещение спецификации со сборочным чертежом можно допускать при условии их размещения на листе формата А4, располагая ее над основной надписью чертежа (см. форму 1 в ГОСТ 2.104—2006), а в графе «Обозначение» — записывать не обозначение сборочного чертежа (с шифром «СБ»), а обозначение спецификации; если на деталь, занесенную в спецификацию, рабочие чертежи не выпускают, то в графе «Наименование» после наименования детали следует записывать ее размеры (если они не даны на сборочном чертеже) и материал, из которого деталь изготовлена (для стандартных изделий эти данные входят в обозначение детали согласно стандартам); в раздел «Материалы» — записывать материалы, входящие в сборочную единицу.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Их записывают по видам в следующей последовательности: металлы черные, металлы цветные, провода, пластмассы, бумажные и текстильные изделия, резиновые и кожевенные, керамические и стеклянные, лаки, краски и пр. В пределах вида материалы записывают в алфавитном порядке, а в пределах наименования — по возрастанию размеров или других параметров. Если обозначение материала не вписывается в строку, то занимают две строки. Порядковый номер («Поз.») в этом случае записывают в строку с началом записи наименования. Детали сборочных единиц изготавливают из материалов, указанных в основных надписях рабочих чертежей деталей. Материалы, количество которых не определено (лаки, краски и т. д.), записывают в технических требованиях на свободном поле чертежа, не указывая их в разделе спецификации «Материалы».

Графы спецификации заполняют следующим образом:

- в графе «Обозначение» указывают: в разделе «Документация» — обозначение сборочного чертежа; в разделе «Сборочные единицы» — обозначение спецификации; в разделе «Детали» — обозначение рабочего чертежа детали (эскиза). Если на деталь самостоятельный чертеж (эскиз) не выпущен, то обозначение, присвоенное данной детали, указывают в разделах «Стандартные изделия» или «Материалы», а графу «Обозначения» не заполняют;
- в графе «Наименование» указывают наименование изделия в соответствии с основной надписью на чертежах этих изделий;
- в графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записаны в графе «Обозначения». Если документ выполнен на нескольких форматах, то в графе проставляют «*», а в графе «Примечания» перечисляют все форматы. Для документов, записанных в разделы «Стандарты изделия», «Прочие изделия» и «Материалы», графу не заполняют;
- в графе «Зона» при разбивке поля чертежа на зоны указывают обозначение зоны, в которой находится составная часть изделия (см. рис. 4.5);
- в графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей, входящих в специфицируемое изделие, в последовательности записи их в спецификацию. Для раздела «Документация» номера позиций не присваиваются;

- в графе «Кол.» указывают количество составных частей изделия (например, 12 шт.), т. е. их количество на одно специфицируемое изделие;
- в графе «Примечания» указывают дополнительные сведения, относящиеся к записанным в спецификацию изделиям, например: «Масса для деталей, выпущенных без чертежей».

8.2.6. Нанесение номеров позиций

Номера позиций деталей, материалов или сборочных единиц, входящих в изделие, указывают на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей изделия и заканчивающихся точкой на их изображении (см. рис. 8.1). Линии-выноски и полки на чертежах выполняют сплошной тонкой линией толщиной $s/2$. Длина полок — 6...8 мм. Номера позиций указывают на изображениях, на которых соответствующие составные части изделия видимы. Номера позиций указывают на основных видах или на заменяющих их разрезах, располагая параллельно основной надписи чертежа, вне контура изображения, и группируют их в колонку или строку, желательно на одной линии.

Наносят номера позиций один раз. Допускается повторно указывать номер позиции одинаковой составной части изделия.

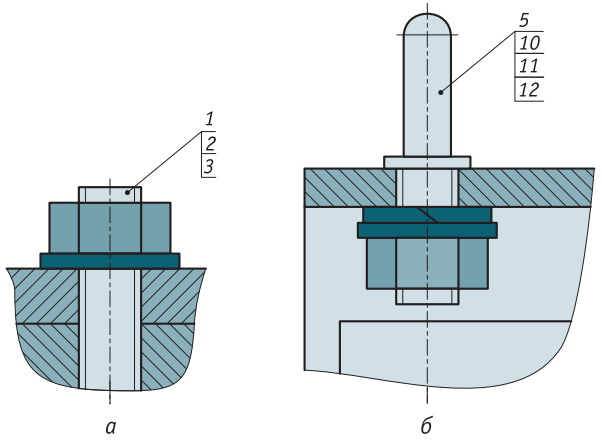


Рис. 8.10

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

В этом случае повторяющиеся номера позиций выделяют двойной полкой.

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций:

а) для групп крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления (рис. 8.10, *а*);

б) для групп деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью (рис. 8.10, *б*), когда на чертеже невозможно подвести линию-выноску к каждой составной части (в таких случаях линию-выноску отводят от изображения составной части, номер позиции которой указывают первым).

Полка номеров позиций располагается колонкой и соединяется тонкой линией (см. рис. 8.10). Размер шрифта номеров позиций по полю чертежа должен быть одинаковым, на один-два размера больше размера шрифта для размерных чисел на том же чертеже.

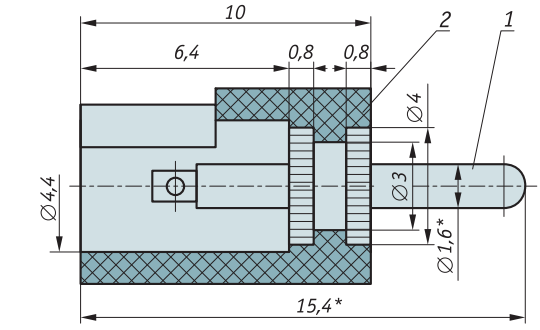
8.2.7. Выполнение отдельных видов сборочных чертежей

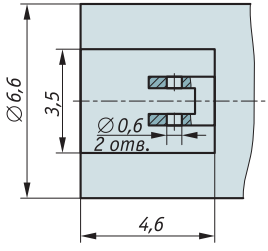
Армированное изделие изготавливают с применением наплавки или заливки поверхностей деталей металлом, пластмассой, резиной и т. д. Чертеж армированного изделия оформляют, как сборочный (рис. 8.11). На наплавленный материал, с которым в процессе литья соединяется одна или несколько деталей, чертежи не выпускают и обозначение им не присваивают. В спецификацию сборочной единицы их записывают как материал с указанием в графе «Кол.» их массы, а в графе «Примечание» — единицы ее измерения. Деталь, подвергающуюся наплавке (см. поз. *1* на рис. 8.11), обычно изготавливают по отдельному чертежу.

ГОСТ 2.109—73 разрешает не выпускать отдельные чертежи для деталей несложной конфигурации. Деталь в этом случае изготавливают по сборочному чертежу, на котором указывают: размеры поверхностей или элементов под наплавку или заливку; размеры готовой сборочной единицы; данные о материале и сведения для изготовления и контроля изделия. В графе спецификации «Формат» вместо указания формата проставляют обозначение «БЧ» (без чертежа), а в графе «Наименование» под наименованием детали указывают сведения о материале детали (см. рис. 8.11).

Если в сборочную единицу входит деталь, изготавливаемая из сортового материала, то необходимые размеры приводят в специ-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж





1. Все размеры опрессовки обеспечить пресс-формой
2. *Размеры для справок

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Детали		
Б4		1	XXXX.XXXX1.XXX	Контакт		
				Бронза БрМц5 18175-78	1	
				Материалы		
		2		Смесь резиновая В-14 НТА		0,001 кг
				ТУ 005.1166-98		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XXXX.XXXXX1.XXX			
Разраб.				22.05.08	Контакт Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.				22.05.08		И		10:1
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр						Учебное заведение Группа …		
Утв.								

Рис. 8.11

фикации. Например, сборочная единица состоит из трех деталей: стенки, ушка и полки, выполняемых из швеллера. Необходимые размеры для изготовления полки следует указывать в спецификации в разделе «Наименование»: Швеллер $\frac{12\ \text{ГОСТ}\ 8240—97}{\text{Ст4}\ \text{ГОСТ}\ 535—2005}$; $L = 20 \pm 0{,}5$. В разделе спецификации «Формат» указывают обозначение «БЧ». Если деталь больших размеров и сложной конфигурации соединяется с менее сложной деталью меньших размеров запрессовкой, пайкой, сваркой или клепкой (от 1 до 3 шт.), то допускается на сборочных чертежах изделий помещать размеры и другие данные, необходимые для изготовления и контроля основной детали, и выпускать чертежи только на менее сложные детали.

8.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНОГО ЧЕРТЕЖА ГОТОВОГО ИЗДЕЛИЯ

При изучении раздела «Машиностроительное черчение» программой предусмотрено выполнение эскизов деталей сборочной единицы с натуры с последующим выполнением учебного сборочного чертежа готового изделия.

Объемное изображение клапана выпускного одинарного (рис. 8.12) заменяет сборочную единицу в натуре. К сборочной единице дают краткое описание изделия, например: клапан выпускной одинарный, предназначенный для отпуска вручную тормоза, состоит из корпуса *8* с впрессованным седлом *6*. В корпус ввернут штуцер *1*. Ручка *10* подвешена к корпусу на двух штифтах *9*. Внутри корпуса находится клапан, состоящий из стержня *7*, шайбы специальной *4* и прокладки *5*, прижимаемой к седлу корпуса пружи-

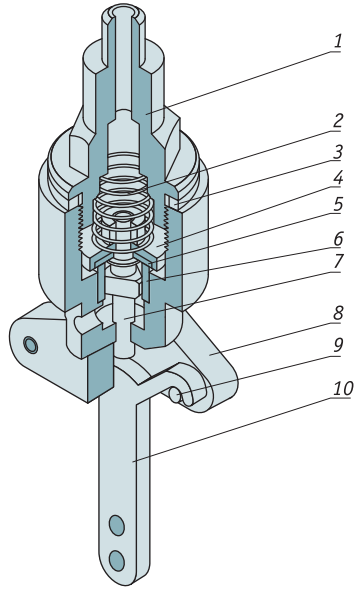


Рис. 8.12

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ной *2*. При оттягивании ручки *10* в сторону ее противоположный конец упирается на штифт *9*, а средняя часть ручки упирается в хвостовик стержня направляющего *7* и, поднимая клапан, соединяет камеру с атмосферой.

Рассмотрим последовательность выполнения сборочного чертежа готового изделия (см. рис. 8.12): ознакомление с изделием; распределение составных частей по разделам спецификации и присвоение им соответствующих обозначений; выполнение эскизов составных частей изделия; составление спецификации; выполнение сборочного чертежа.

Ознакомление с изделием. Получив изделие и его описание, необходимо ознакомиться с назначением, устройством, принципом работы и порядком сборки и разборки изделия, уяснить геометрические формы отдельных деталей, установить виды соединений между ними и последовательность сборки.

Распределение составных частей по разделам спецификации и присвоение им соответствующих обозначений. Составные части сборочной единицы должны быть распределены по различным разделам спецификации:

1) «Корпус» — сборочная единица, состоящая из корпуса *8* и запрессованного седла *6*. Корпус относится к разделу спецификации «Сборочные единицы». Этому конструкторскому документу присваивают условное обозначение: XXXX.XXXXX1.XXX (см. рис. 8.9, *в*);

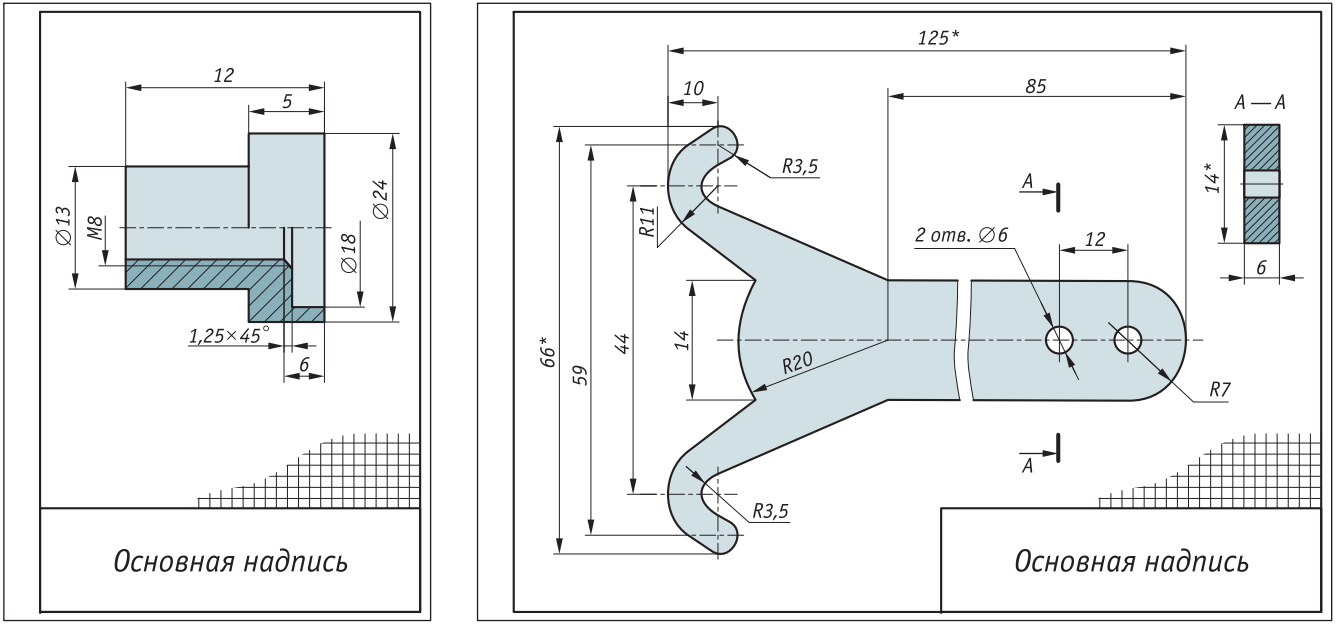
2) составные части изделия «Штуцер» (XXXX.XXXXXX.XX2), «Пружина» (XXXX.XXXXXX.XX6), «Шайба специальная» (XXXX.XXXXXX.XX3), «Стержень направляющий» (XXXX.XXXXXX.XX4), «Ручка» (XXXX.XXXXXX.XX5) относятся к разделу «Детали». На них выполняют эскизы;

3) «Штифты» *9* относятся к разделу «Стандартные изделия», эскизы на них не выполняют и раздел «Обозначения» на них не заполняют;

4) к прочим изделиям относятся прокладки *3* и *5*.

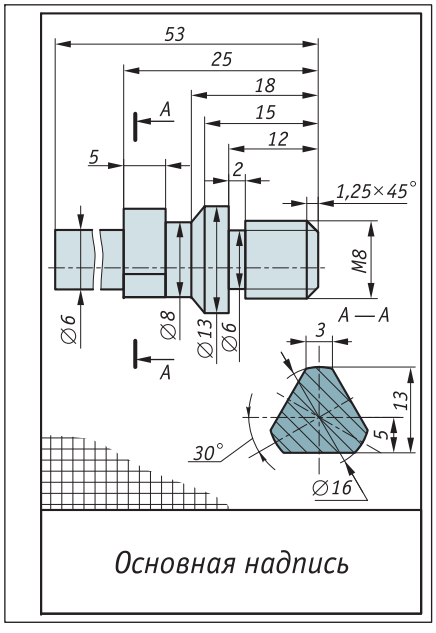
Выполнение эскизов составных частей изделия. При выполнении эскизов (см. гл. 7) следует обращать внимание на соответствие размеров поверхностей деталей, сопрягаемых с другими деталям, и после окончания эскизирования эти размеры проконтролировать. Эскизирование начинают с простых деталей. Эскиз детали «Шайба специальная» — тело вращения, имеющее две ступени (рис. 8.13, *а*). Его ось симметрии на эскизе располагают горизонтально. На рис. 8.13, *б* представлен эскиз ручки, а на рис. 8.13, *в* — эскиз стержня направляющего. Эти эскизы содержат по

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

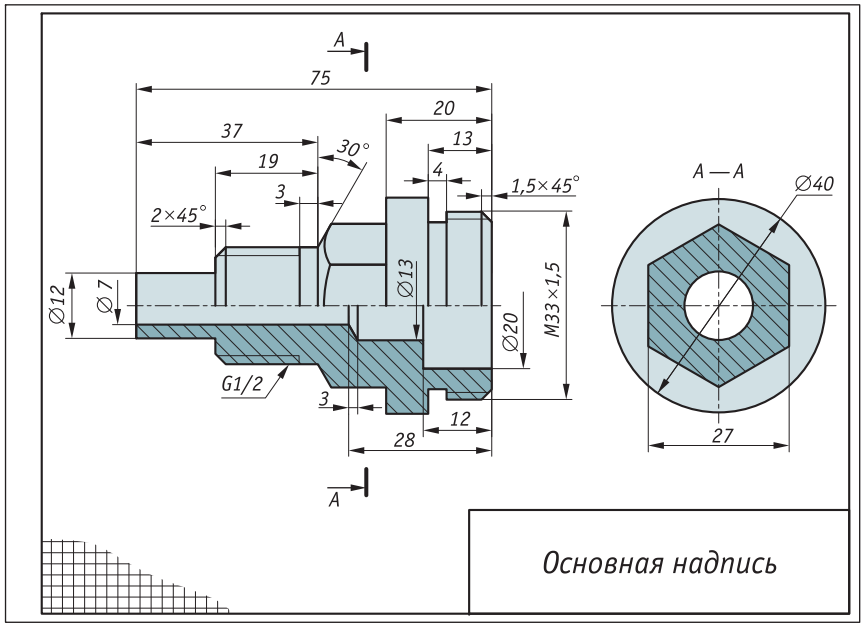


а *б*

Рис. 8.13 (см. также с. 278)

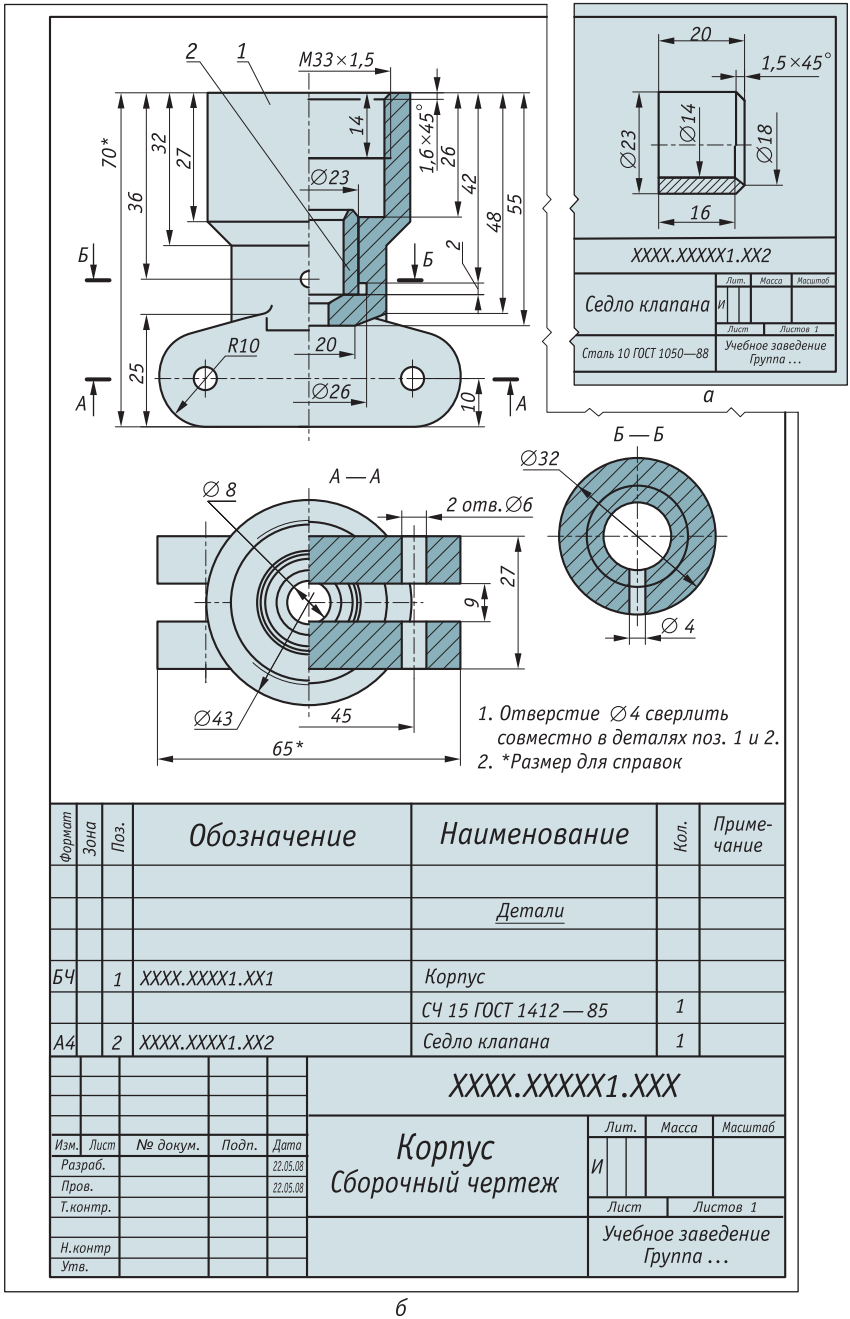


в



г

Рис. 8.13. Окончание



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Детали		
БЧ		1	XXXX.XXXX1.XX1	Корпус		
				СЧ 15 ГОСТ 1412 — 85	1	
А4		2	XXXX.XXXX1.XX2	Седло клапана	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				22.05.08
Пров.				22.05.08
Т.контр.				
Н.контр				
Утв.				

XXXX.XXXXX1.XXX

Корпус
Сборочный чертеж

Лит.	Масса	Масштаб
И		
Лист	Листов 1	

Учебное заведение
Группа …

б

Рис. 8.14

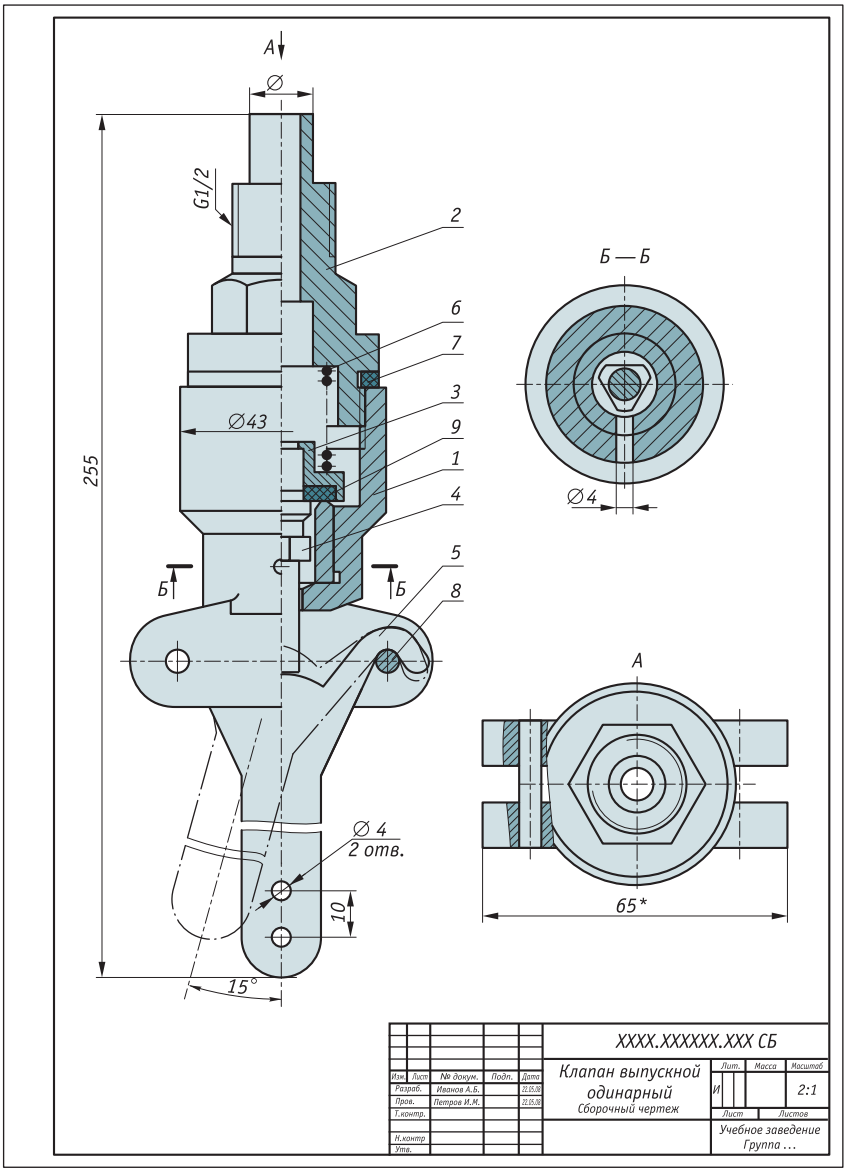
ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А1			XXXX.XXXXXX.XXX СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
А4		1	XXXX.XXXXX1.XXX	Корпус		
				Детали		
А4		2	XXXX.XXXXXX.XX2	Штуцер	1	
А4		3	XXXX.XXXXXX.XX3	Шайба специальная	1	
А4		4	XXXX.XXXXXX.XX4	Стержень направляющий	1	
А4		5	XXXX.XXXXXX.XX5	Ручка	1	
А4		6	XXXX.XXXXXX.XX6	Пружина	1	
А4		7	XXXX.XXXXXX.XX7	Прокладка D = 40; d = 32		
				Паронит ПОН 3×1 500×1 000		
				ГОСТ 481—80		
				Стандартные изделия		
		8		Штифт 6 ×28 ГОСТ 3128—70	2	
				Материалы		
		9		Пластина Н-1-АМС-С-3		
				ГОСТ 7338—90		

					XXXX.XXXXXX.XXX			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.				22.05.08	Клапан выпускной одинарный	Лит.	Лист	Листов
Пров.				22.05.08		И		1
Н. контр.						Учебное заведение Группа …		
Утв.								

а

Рис. 8.15


A
∅
G1/2
2
6
7
3
9
1
4
5
8
∅43
255
Б
Б
Б — Б
∅4
A
65*
∅ 4
2 отв.
10
15°
XXXX.XXXXXX.XXX СБ
Клапан выпускной одинарный
Сборочный чертеж
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Иванов А.Б. 22.05.08
Пров. Петров И.М. 22.05.08
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Лит. Масса Масштаб
И 2:1
Лист Листов
Учебное заведение
Группа ...

б

два изображения (главный вид и сечения), уточняющие форму деталей. Эскиз детали «Пружина» (см. подразд. 7.10.1) оформляют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.401—68. Эскиз детали «Штуцер» состоит из трех изображений: главного вида, совмещенного с фронтальным разрезом, и профильного разреза *А—А* (рис. 8.13, *г*).

Составление спецификации и выполнение сборочного чертежа сборочной единицы «Корпус», относящегося к группе неразъемных соединений. Согласно ГОСТ 2.109—73 деталь больших размеров и сложной конфигурации, соединенная с менее сложной деталью запрессовкой, изображают на сборочном чертеже изделия. На менее сложную деталь — седло клапана (рис. 8.14, *а*) — выпускают отдельный чертеж, а основную деталь «Корпус» изображают на чертеже сборочной единицы (рис. 8.14, *б*). Так как корпус изготавливают по сборочному чертежу, то на нем указывают размеры поверхностей под опрессовку и готовой сборочной единицы. Обозначение и наименование основной детали присваивают по общим правилам. Этот чертеж размещен на формате А4 и на нем ГОСТ 2.106—96 допускает располагать спецификацию. В обозначении сборочного чертежа, имеющего спецификацию, шифр (СБ) не записывают.

Составление спецификации и выполнение учебного сборочного чертежа «Клапан выпускной одинарный». На сборочном чертеже составные части изделия обозначают номерами позиций в той последовательности, в которой они записаны в спецификации. Спецификацию выполняют до простановки позиций на сборочном чертеже и с учетом обозначений, присвоенных составным частям изделия и распределенных по разделам перед выполнением эскизов (рабочих чертежей) деталей, входящих в сборочную единицу (рис. 8.15, *а*).

Порядок выполнения сборочного чертежа: определение числа изображений и главного вида; выбор стандартного масштаба изображений (отдельные вынесенные сечения, дополнительные виды и выносные элементы можно изображать в масштабе, отличном от выбранного для чертежа в целом); выбор стандартного формата листа; компоновка изображения на листе; выполнение изображения; нанесение размерных линий и простановка размеров; нанесение номеров позиций; заполнение основной надписи; окончательное оформление чертежа (обводка).

В состав изображений, намеченных для выполнения сборочного чертежа «Клапан выпускной одинарный» (рис. 8.15, *б*), входят: главный вид и совмещенный с ним фронтальный разрез, располо-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

женный справа от оси симметрии изображения; вид сверху (см. вид по стрелке *А*) и совмещенный с ним местный разрез, на котором видны впрессованные цилиндрические штифты, входящие в отверстия ушек корпуса. Для выяснения конструкции несимметричной части стержня направляющего выполнен разрез *Б — Б* секущей плоскостью, проходящей через ось цилиндрического отверстия диаметром 4 мм, которое сверлится в корпусе после запрессовки седла.

8.4. ЧТЕНИЕ И ДЕТАЛИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

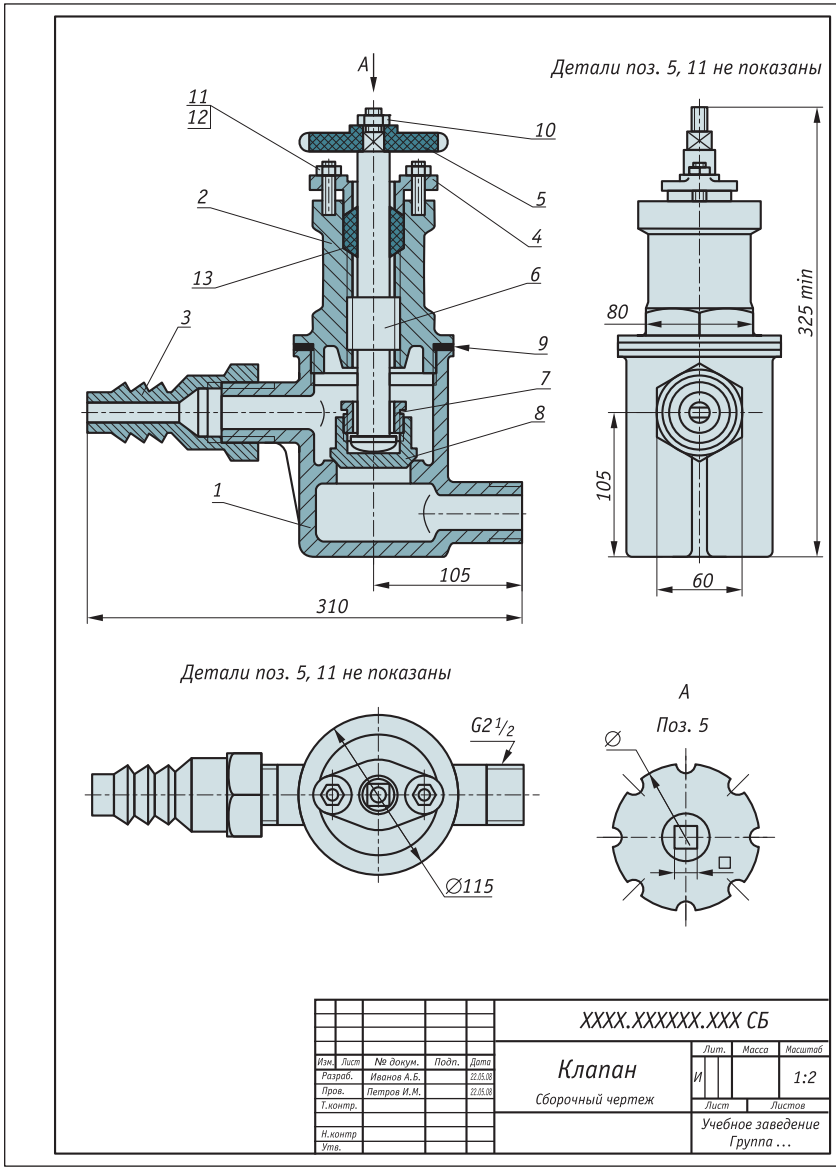
8.4.1. Чтение чертежей общего вида и сборочных чертежей

Выполнение рабочих чертежей деталей по чертежам общих видов и сборочным чертежам называется *деталированием*. Прочитать чертеж общего вида изделия (сборочной единицы) — значит ответить на вопросы о назначении, устройстве, принципе действия изображенного изделия, а также получить представление о взаимном расположении, способе соединения, взаимодействии, назначении и форме его деталей.

Деталирование чертежа общего вида или сборочного чертежа, специально разработанного для этих целей, является заключительной работой при изучении раздела «Машиностроительное черчение». Поэтому, выполняя такую работу, студенты должны использовать накопленные знания и уметь применять условности и упрощения, принятые в машиностроительном черчении в соответствии с требованиями ЕСКД.

Сборочный чертеж «Клапан» изображен на рис. 8.16, *а*, спецификация данной сборочной единицы — на рис. 8.16, *б*. Клапан предназначен для пропуска жидкости по трубопроводу. При вращении маховичка *5* против часовой стрелки шпиндель *6* с клапаном *8* поднимаются и пропускают жидкость. Для прекращения подачи жидкости маховичок *5* вращают по часовой стрелке. Для предупреждения утечки жидкости через зазоры между крышкой сальника *4* и шпинделем *6* предусмотрено сальниковое уплотнение *13*. Для герметизации между корпусом *1* и крышкой *2* устанавливают прокладку *9*.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж


A
Детали поз. 5, 11 не показаны
11
12
10
5
4
2
13
6
3
9
7
8
1
105
310
80
325 min
105
60
Детали поз. 5, 11 не показаны
A
Поз. 5
G2 1/2
∅115
XXXX.XXXXXX.XXX СБ
Клапан
Сборочный чертеж
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Иванов А.Б. 22.05.08
Пров. Петров И.М. 22.05.08
Т.контр.
Н.контр
Утв.
Лит. Масса Масштаб
И 1:2
Лист Листов
Учебное заведение
Группа ...

а

Рис. 8.16

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А2			ХХХХ.ХХХХХХ.ХХХ СБ	Сборочный чертеж	1	
				Сборочные единицы		
А3		1	ХХХХ.ХХХХХХ.ХХ1			
А4		2	ХХХХ.ХХХХХХ.ХХ2	Крышка		
А4		3	ХХХХ.ХХХХХХ.ХХ3			
А4		4	ХХХХ.ХХХХХХ.ХХ4			
А4		5	ХХХХ.ХХХХХХ.ХХ5	Маховичок		
А4		6	ХХХХ.ХХХХХХ.ХХ6	Шпиндель	1	
А4		7	ХХХХ.ХХХХХХ.ХХ7	Втулка резьбовая	1	
				Клапан	1	
				Прокладка	1	
				Стандартные изделия		
				Гайка ГОСТ 5915 — 70		
		10		Гайка М8	1	
		11		Гайка М120	2	
		12		Шпилька М10×30		
				ГОСТ 22034 — 76	2	
				Материал		
		13		Набивка плетеная марки ХБС 6		
				ГОСТ 5152 — 84	0,03	кг

					ХХХХ.ХХХХХХ.ХХХ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.				22.05.08	Клапан	Лит.	Лист	Листов
Пров.				22.05.08		И		
Н. контр.						Учебное заведение Группа …		
Утв.								

б

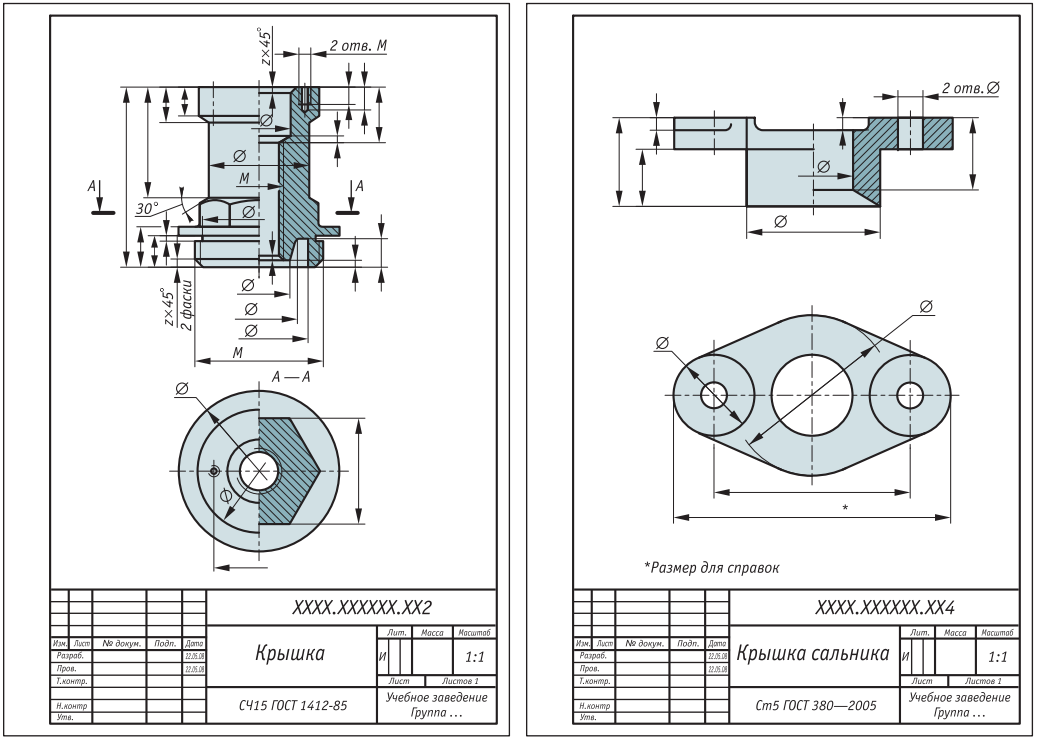
Номера позиций составных частей, внесенных в спецификацию, позволяют найти изображения составных частей на чертеже. Определив изображение детали с номером ее позиции, отыскивают изображения, относящиеся к данной детали и приведенные на чертеже как на основных видах и разрезах, так и на всех дополнительных изображениях, если таковые имеются на данном сборочном чертеже или чертеже общего вида. Проекционная связь отдельных изображений детали, положение секущих плоскостей, при помощи которых выполнены разрезы и сечения, направления, по которым даны местные и дополнительные виды, правила нанесения штриховки, относящейся к одной детали в разрезах и сечениях (на всех изображениях штриховка направлена в одну сторону) позволяют представить внешнюю и внутреннюю форму каждой детали.

8.4.2. Выполнение рабочих чертежей деталей по чертежу сборочной единицы

Выполняют рабочие чертежи деталей (деталирование) сборочного чертежа после уяснения назначения, устройства сборочной единицы и мысленного представления формы каждой детали. Деталирование выполняют в следующей последовательности: чтение чертежа сборочной единицы; определение размеров деталей. Размерные числа определяют обмером чертежа сборочной единицы линейкой и измерительным циркулем с учетом масштаба изображений. При обмере важна точность обмера и согласование полученных чисел с ГОСТ 6636—69 «Нормальные линейные размеры». Выполнение рабочих чертежей деталей (на отдельных листах стандартного формата) начинают с определения необходимого (наименьшего) количества изображений каждой детали. Например, для изображения клапана *8* достаточно одного главного вида и совмещенного с ним фронтального разреза с горизонтально расположенной осью. Для крышки *2* и крышки сальника *4* необходимо два вида и совмещенные с ними разрезы (рис. 8.17, *а*, *б*).

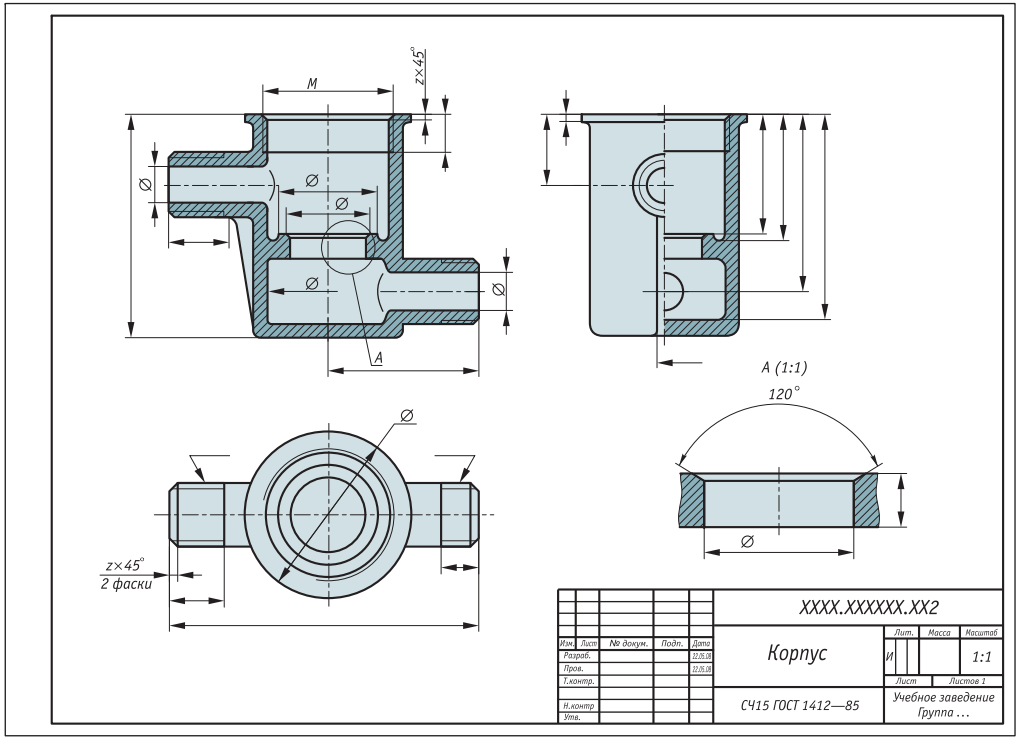
Для изображения корпуса *1* выполняют три основных вида, выносной элемент *А* и два разреза: фронтальный — на месте главного вида; профильный, совмещенный с видом слева (рис. 8.17, *в*). Расположение изображений на рабочих чертежах не обязательно должно совпадать с расположением на чертеже сборочной единицы. Для каждой детали выбирается стандартный масш-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



а *б*

Рис. 8.17 (см. также с. 288)



в

Рис. 8.17. Окончание

таб изображений с учетом ее формы и размеров, который может отличаться от масштаба чертежа сборочной единицы и может быть различным для каждой детали. Небольшие проточки, углубления и выступы изображают в виде выносных элементов в увеличенном масштабе. Затем наносят выносные и размерные линии и размерные числа; проставляют обозначения шероховатости поверхностей (последнее может отсутствовать); заполняют графы основной надписи с обозначением материала, из которого изготавливается изображенная на чертеже деталь; обводят рабочий чертеж.

Аналогично выполненным рабочим чертежам деталей (см. рис. 8.17) выполняют чертежи остальных деталей, входящих в состав сборочной единицы «Клапан» (см. рис. 8.16, *а*). Чертежи стандартных изделий сборочной единицы обычно не выполняют.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая разница между чертежами общего вида и сборочным чертежом?
2. Что означает термин «чтение чертежа»?
3. Какое изделие называют армированным?
4. На каком этапе выполняют спецификацию?
5. На каком формате стандарт допускает совместное размещение чертежа и спецификации?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 9

СХЕМЫ

9.1. ВИДЫ И ТИПЫ СХЕМ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ СХЕМ

Схема — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними (ГОСТ 2.102—68). Схемы используют во многих отраслях промышленности в качестве рабочей конструкторской документации в руководствах при эксплуатации и ремонте в тех случаях, когда нет необходимости изображения конструкций деталей изделия. Правила выполнения схем устанавливают соответствующие стандарты. Изучение правил, связанных с разработкой схем, не входит в задачу курса «Инженерная графика», поэтому в данной главе приведены только основные сведения о графическом оформлении схем, т.е. о вычерчивании схем согласно ГОСТ 2.702—75, ГОСТ 2.704—76, ГОСТ 2.770—68 и ГОСТ 2.782—96.

Согласно ГОСТ 2.701—2008 схемы подразделяются на следующие типы: структурные (обозначаются цифрой 1); функциональные (2); принципиальные (3); схемы соединений — монтажные (4); подключения (5) и др.

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, схемы подразделяются на следующие виды: электрические (Э); гидравлические (Г); пневматические (П); кинематические (К) и др.

Код схемы в обозначении, указываемом в основной надписи, состоит из обозначения вида (буквы) и типа (цифры). Например, электрическая принципиальная схема имеет шифр «Э3». Схемы выполняются на листах стандартного формата. Основная надпись выполняется по форме 1 (см. рис. 4.3). В графе 1 к обозначению изделия приписывают код схемы. Перечень элементов помещают на первом листе схемы в таблице (рис. 9.1), расположенной над основной надписью. Расстояние между таблицей и

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

основной надписью — не менее 12 мм. Заполняют таблицу сверху вниз.

При составлении схем используются следующие термины:

- *элемент схемы* — составная часть схемы, выполняющая определенную функцию (назначение) в изделии, которая не может быть разделена на части (например, насос, муфта и т. д.);
- *устройство* — совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (механизм, электропечь и т. п.);
- *функциональная группа* — совокупность элементов, не объединенных в одну конструкцию, но выполняющих определенную функцию;
- *функциональная часть* — элемент, оборудование или функциональная группа, выполняющие определенную функцию;
- *линия взаимосвязи* — отрезки линий, указывающие на наличие связей между функциональными частями изделия.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба и без учета действительного расположения составных частей изделия, с наименьшим количеством изломов и пересечений линий связи, располагаемых только вертикально или горизонтально. ГОСТ 2.701—2008 устанавливает толщину линий связи от 0,2 до 1,0 мм (в зависимости от форматов схем и размеров графических изображений). Рекомендуемая толщина линий — 0,3...0,4 мм. Расстояние (просвет) между двумя соседними линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Схемы всех типов оформляются графически тремя способами.

1. Отдельные устройства изображаются в виде геометрических фигур, установленных соответствующими стандартами. Между

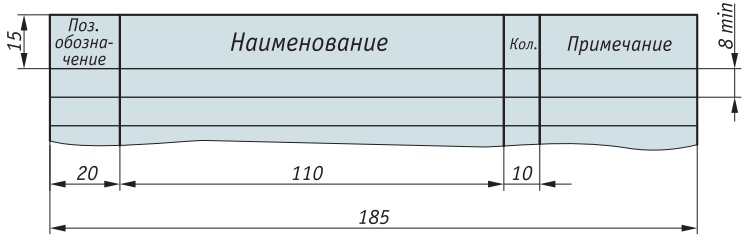


Рис. 9.1

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

геометрическими фигурами вычерчивают линии связи. Для электрических схем эти линии — проводники; для гидравлических — трубы и т.д.

2. Элементы схем выполняются с помощью графических изображений, разработанных соответствующими стандартами (например, ГОСТ 2.721—74 «Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения»; ГОСТ 2.722—68 «Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические», ГОСТ 2.770—68 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики» и т.д.).

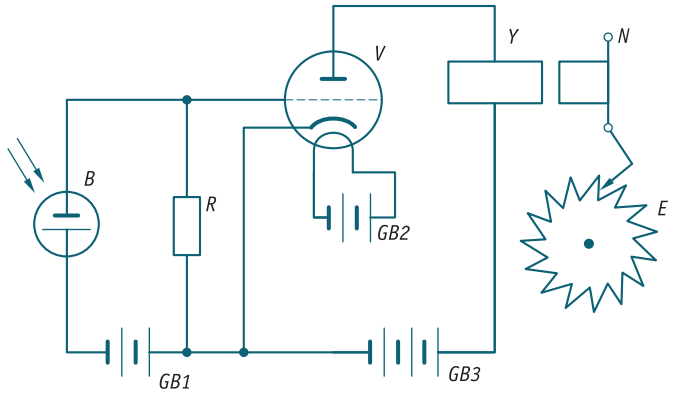
3. Элементы схемы изображаются упрощенными внешними очертаниями (в том числе, аксонометрическими). При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения.

Графические обозначения элементов схем следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи. Если в условных графических обозначениях имеются утолщенные линии, то их следует выполнять толще линий связи в два раза. Элементы схемы, составляющие функциональную группу или устройство, не имеющие самостоятельной принципиальной схемы, допускается выделять штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям связи. Элементы схемы, составляющие устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему, выделяют на общей принципиальной схеме сплошной линией, равной по толщине линиям связи. На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется назначением схемы.

9.2. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Схема электрическая — графическое изображение электрических цепей, на котором при помощи условных обозначений разъясняют электрический принцип работы изделия и показывают связь отдельных приборов и элементов в изделии. Элементы схемы изображают в виде условных графических обозначений, форма которых приведена в ГОСТ 2.721—74, ГОСТ 2.722—68, ГОСТ 2.723—68, ГОСТ 2.725—68...ГОСТ 2.727—68, ГОСТ 2.728—74, ГОСТ 2.729—68, ГОСТ 2.730—73, ГОСТ 2.731—81, ГОСТ 2.732—68...ГОСТ 2.737—68, ГОСТ 2.739—68, ГОСТ 2.740—89, ГОСТ 2.741—68, ГОСТ 2.743—91, ГОСТ 2.744—68...ГОСТ 2.747—

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
B	Фотоэлемент полупроводниковый	1	
R	Резистор	1	
V	Триод (электронная лампа)	1	
Y	Электромагнит	1	
GB1…GB3	Батарея аккумуляторная	3	
N	Якорь счетного устройства	1	
E	Устройство счетное	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XXXX.XXXXXX.XXX.ЭЗ			
Разраб.					Фотореле Схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.						И		
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр						Учебное заведение Группа …		
Утв.								

Рис. 9.2

68, ГОСТ 2.749—84, ГОСТ 2.755—87, ГОСТ 2.756—76, ГОСТ 2.759—82, а размеры условных графических обозначений приведены в ГОСТ 2.747—68 и др.

При изображении элементов с большим числом выводов допускается изменять размеры обозначений, принятых стандартами. Условные графические изображения вычерчивают на схеме в положении, в котором они изображены в стандарте, или повернутыми на угол, кратный 90° по отношению к этому положению. Каждый элемент должен иметь позиционное обозначение (ГОСТ 2.710—81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах»), составленное из буквенного позиционного обозначения элемента и его порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения.

Порядковые номера присваивают элементам в соответствии с последовательностью их расположения на схеме, считая сверху вниз и в направлении слева направо, начиная с единицы. Позиционные обозначения присваивают элементам в пределах изделия и проставляют на схеме рядом справа или над условным графическим изображением. Все элементы, изображенные на схеме, записывают в перечень элементов, оформляемый в виде заполненной сверху вниз таблицы (см. рис. 9.1). Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В графу «Поз. обозначение» вписывают буквенные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, а в графу «Кол.» — общее количество таких элементов. Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. Если таблица перечня не помещается над основной надписью, то ее продолжение помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Оформленная электрическая принципиальная схема фотореле — это документ, определяющий полный состав электрических элементов и электрических связей между ними (рис. 9.2). Схема дает детальное представление о принципах работы изделия, ее можно использовать при изготовлении и эксплуатации изделия. Элементы схемы показаны в виде условных графических обозначений, разработанных соответствующими стандартами. Каждому элементу схемы присвоено буквенно-цифровое обозначение.

Данные об элементах схемы сведены в таблицу их перечня (см. рис. 9.2). Из схемы видно, что в фотоэлементе *B* при освещении возникает фототок. Резистор *R* поддерживает напряжение между катодом и сеткой. Электронная лампа контролирует работу

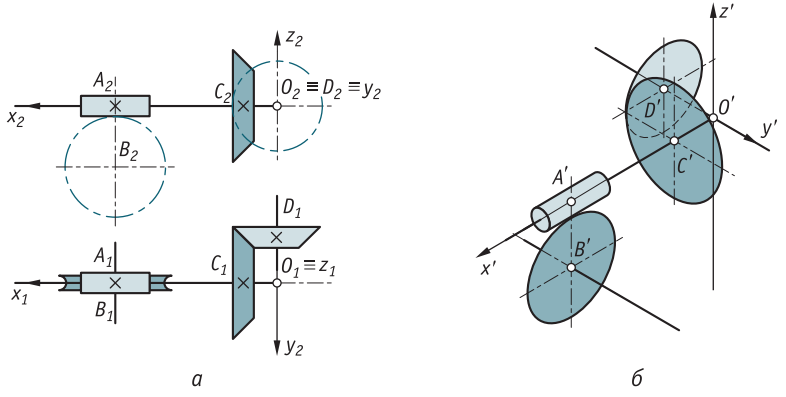
ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

электромагнита (либо пропускает ток в цепи, либо нет). Электромагнит *Y* вместе с якорем *N* регулирует работу счетного устройства. Батарея *GB1* создает разность потенциалов на фотоэлементе, батарея *GB2* служит для питания нити накала катода лампы, батарея *GB3* питает анодную цепь лампы.

9.3. СХЕМЫ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ

Кинематическая схема — схема, на которой при помощи условных обозначений и контурных очертаний элементов дается упрощенное изображение кинематической связи отдельных звеньев данного механизма или изделия. Кинематическую схему составляют так, чтобы по ней можно было осуществлять регулирование, управление и контроль заданных движений исполнительного органа механизма.

Графические условные обозначения элементов на таких схемах, вычерчиваемых в ортогональных проекциях, установлены ГОСТ 2.770—68. Элементы кинематических схем допускается выполнять в аксонометрии (ГОСТ 2.317—69 «Аксонометрические проекции»). Например, схема передачи, состоящей из червяка с червячным колесом и двух зубчатых колес, показана в ортогональной системе координат (рис. 9.3, *а*) и в аксонометрии (рис. 9.3, *б*). Для выполнения кинематической схемы в аксонометрии (см. рис. 9.3, *а*) введены дополнительные обозначения: выбрано начало координат (точка *O*), указаны оси координат *x*, *y*, *z* и отме-



а *б*

Рис. 9.3

чены центры *A*, *B*, *C*, *D* контуров червяка и колес. С учетом сделанных обозначений показана аксонометрия кинематической схемы передачи, состоящей из червяка с червячным колесом и двух зубчатых колес (см. рис. 9.3, *б*).

На кинематической схеме, не нарушая ее ясности, допускается: перемещать элементы вниз или вверх относительно истинного положения; поворачивать элементы до положения, наиболее удобного для изображения. В этих случаях сопряженные звенья пары вычерчивают раздельно, соединяя их штриховой линией. Если валы или оси на схеме пересекаются, то линии их изображений в местах пересечения не разрывают. Если же валы или оси закрыты другими элементами или частями механизма, то их изображают невидимыми линиями.

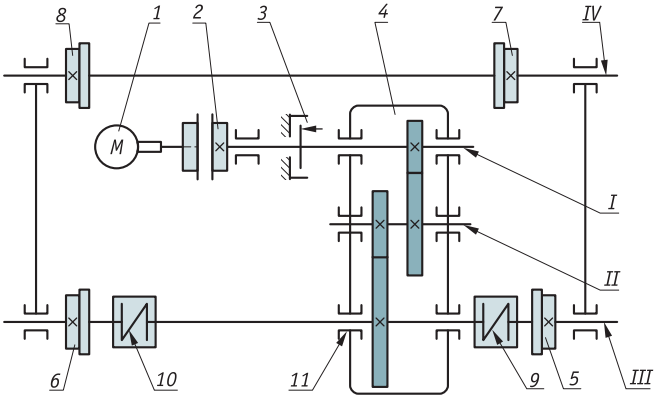
При вычерчивании графических изображений согласно ГОСТ 2.701—2008 и ГОСТ 2.709—89 на кинематических схемах используют:

- сплошные основные линии толщиной *s* — для валов осей, стержней шатунов, кривошипов и т. п.;
- сплошные тонкие линии толщиной *s*/2 — для зубчатых колес, червяков, звездочек, шкивов, кулачков и т. п.;
- сплошные тонкие линии толщиной *s*/3 — для контура изделия, в который вписана схема;
- штриховые линии толщиной *s*/2 для обозначения кинематических связей между сопряженными звеньями;
- двойные штриховые линии толщиной *s*/2 — для обозначения кинематических связей между элементами или между элементами и источником движения через механические (энергетические) участки.

На кинематической схеме изделия указывают: наименование каждой кинематической группы элементов, учитывая ее основное функциональное назначение (например, редуктор, коробка скоростей и т. д.); основные характеристики и параметры кинематических элементов, определяющие исполнительные движения составных частей изделия.

Кинематическим элементам на схеме, как правило, присваивают порядковый номер, начиная от источника движения. Валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы — арабскими. Порядковый номер элемента наносят на полке линии-выноски. Под полкой указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента. Кинематические схемы, выполняемые в курсе «Инженерная графика», полного оформления не требуют,

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	Электродвигатель	1	
2	Муфта сцепления фрикционная	1	
3	Тормоз дисковый	1	
4	Редуктор	1	
5…8	Каток	4	
9, 10	Муфта эластичная упругая	2	
11	Подшипник скольжения радиальный	10	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XXXX.XXXXXX.XXX.КЗ			
Разраб.					Механизм передвижения тележки мостового крана	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.						И		
Т.контр.					Схема кинематическая принципиальная	Лист	Листов 1	
Н.контр						Учебное заведение Группа …		
Утв.								

Рис. 9.4

так как не ставятся производственные задачи производить по ним кинематические расчеты, определять число оборотов того или иного вала, зубчатого колеса и др.

В учебных целях обычно ограничиваются определением последовательности передачи движения, выяснением характера взаимосвязей и взаимодействия отдельных элементов изделия. На этих схемах помимо графического изображения имеются порядковые номера деталей и валов. Прочитать кинематическую схему — значит, определить взаимосвязи, выяснить последовательность передачи и преобразования движения от механизма двигателя к рабочему органу по условным графическим обозначениям элементов, изображенным на схеме.

Установим по учебной кинематической принципиальной схеме механизма передвижения тележки мостового крана последовательность передачи движения механизма (рис. 9.4). При включении электродвигателя *1* вращение передается на ведущий вал *I* редуктора посредством фрикционной муфты сцепления *2*. С помощью цилиндрических зубчатых колес редуктора вращательное движение передается с вала *I* на вал *II*, а затем с вала *II* на вал *III*. На валу *III* находятся ведущие катки — колеса (*5*, *6*) тележки крана. При вращении вала *III* тележка за счет катков передвигается по рельсам крана. Вал *IV* во вращение не приводится, так как катки (*7*, *8*), расположенные на нем, — опорные.

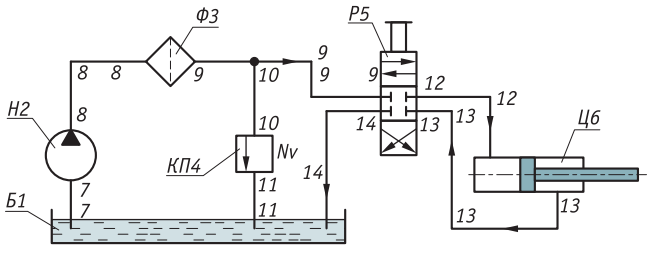
9.4. СХЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ

Правила выполнения гидравлических схем устанавливает ГОСТ 2.704—76. Наибольшее применение получили принципиальные (полные) схемы и схемы соединений (монтажные).

Принципиальная (*полная*) *схема* — схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними. Она дает полное представление о принципах работы изделия. Такую схему еще используют при наладке, регулировке, контроле и ремонте изделия. Гидравлические элементы или устройства в изделии изображаются в виде графических обозначений с соответствующими связями между ними. Условные графические обозначения для гидравлических схем устанавливают ГОСТ 2.721—74, ГОСТ 2.780—96, ГОСТ 2.781—96, ГОСТ 2.784—96 и др.

Схема соединения (*монтажная*) — схема, показывающая соединения составных частей изделия (установки) и определяющая тру-

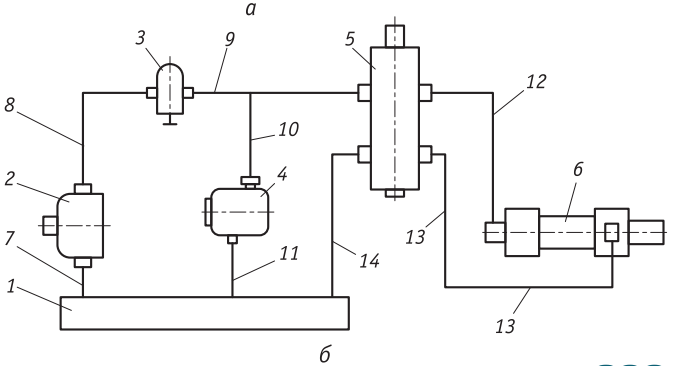
ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Б1	Гидробак	1	
КП4	Гидроклапан предохранительный	1	
Н2	Насос	1	
Р5	Гидрораспределитель	1	
Ф3	Фильтр	1	
Ц6	Гидроцилиндр	1	
7…14	Линии связи	8	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ХХХХ.ХХХХХХ.ХХХ.ГЗ			
Разраб.					Гидропривод с открытой системой циркуляции жидкости Схема гидравлическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.						И		
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр						Учебное заведение Группа …		
Утв.								

а



б

Рис. 9.5

бопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода. В отличие от принципиальных схем элементы устройства и соединения в таких схемах изображают не в виде условных графических изображений, а упрощенными внешними очертаниями элементов, входящих в схему. Трубопроводы изображают сплошными основными линиями.

В гидравлических схемах каждый элемент или устройство, входящее в изделие и изображенное на схеме (условно или упрощенно), имеет позиционное обозначение, состоящее из прописной буквы русского алфавита и цифры. Буквенное обозначение состоит из одной или двух начальных или характерных букв в названии элемента, например: «Бак — Б»; «Насос — Н». Таблица буквенных обозначений приведена в приложении ГОСТ 2.704—76.

Позиционные обозначения наносят на схеме рядом, справа или над условным графическим изображением элемента. Номера располагают по порядку, начиная с единицы, по направлению потока жидкости. Одинаковым элементам присваивают общий порядковый номер, после которого в скобках ставят порядковый номер данного элемента. Номера проставляют на полках линий-выносок. Также нумеруют линии связи (трубопроводы), но порядковые номера им присваивают только после того, как присвоены номера всем элементам в схеме.

Если трубопровод выполнен в виде сверления или канала внутри устройства, то перед номером такой линии связи через точку ставят номер данного устройства. Номер трубопровода проставляют около линий-выносок, но в отличие от номера элемента — без полок.

Элементы схемы и трубопроводы, которым присваивают номера, записывают в перечень элементов — таблицу (см. рис. 9.1), помещая ее над основной надписью. В таблице указывают: в графе «Обозначение» — позиционное буквенно-цифровое обозначение элемента на схеме (в алфавитном порядке); в графе «Наименование» — наименование элементов с их краткой характеристикой (последнее допускается писать в графе «Примечание»); в графе «Кол.» — количество одинаковых элементов (одинаковые элементы с общим номером записывают в одну строку в графу «Обозначение»; в этой строке указывают номера начального и конечного элементов).

Принципиальная гидравлическая схема устройства гидропривода с открытой системой циркуляции жидкости показана на рис. 9.5, *а*. Из схемы видно, что насос *2* засасывает из бака *1* рабочую

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

жидкость и через фильтр *3* и распределитель *5* жидкость поступает в гидроцилиндр *6*. При возникновении давлений, превышающих расчетные, срабатывает предохранительный клапан *4* и жидкость сбрасывается в бак. Схема соединений Г4 (монтажная) того же устройства представлена на рис. 9.5, *б*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы схем установлены стандартами?
2. От чего зависит вид схемы?
3. Что такое элемент схемы?
4. Что такое функциональная часть схемы?
5. Что такое кинематическая схема?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

ЧАСТЬ III

ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 10. Чертежи строительные

Глава 10

ЧЕРТЕЖИ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

10.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

По строительным чертежам строят жилые дома, фабрики, заводы, дороги, мосты и другие инженерные сооружения. Перечисленные инженерные сооружения могут быть построены при наличии на них проекта. Проект содержит чертежи, пояснительную записку и смету, которая определяет стоимость строительства. Проекты зданий и сооружений подразделяются на части. Рабочим чертежам каждой части присваиваются постоянные буквенные обозначения — марки. Марка состоит из заглавных букв названия данной части проекта. Например: ГП — генеральный план (застройка участка, инженерные сети, благоустройство); АС — архитектурно-строительная часть (чертежи фасадов, планов, разрезов здания); ВКГ — водопровод, канализация и газопровод; ЭО — электрооборудование; СС — связь и сигнализация.

Содержание, оформление, применяемые масштабы, условные изображения и обозначения строительных чертежей зависят от вида строительного объекта, а содержание и оформление — еще и от стадии проектирования. Проектирование зданий и сооружений производится в две стадии: технико-экономическое обоснование (проект) строительства (первая стадия) и рабочая документация (вторая стадия).

В состав технического проекта входят чертежи фасадов, планов, разрезов зданий, генеральные планы без их детальной проработки. Сюда же включают сметно-финансовый расчет, определяющий примерную стоимость сооружения, и приводят технико-экономические показатели. На основе утвержденного технического проекта разрабатывают рабочие чертежи проектируемого сооружения. По рабочим чертежам изготавливают конструктивные элементы здания на заводах и ведут его строительство на строительной пло-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

щадке. Из множества строительных чертежей в курсе инженерной графики предусмотрено изучение чертежей архитектурно-строительной части (планы, фасады, разрезы) и генеральных планов.

10.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЯ

Каждое здание состоит из отдельных взаимосвязанных структурных частей или элементов, имеющих определенное назначение. К ним относятся: фундаменты, стены, отдельные опоры, перегородки, перекрытия, крыши или покрытия, лестницы, оконные и дверные проемы (рис. 10.1).

Фундаментом называется нижняя подземная часть здания, предназначенная для передачи и распределения нагрузки от здания на грунт. *Основанием* называется слой грунта, воспринимающий непосредственно через фундамент вес здания. Основание является естественным, если для него используется грунт, находящийся в состоянии его природного залегания. Грунты, предварительно уплотненные или укрепленные другими способами, называются искусственными основаниями. Плоскость, по которой фундамент опирается на грунт, называется подошвой фундамента.

Стены ограждают помещение от внешнего пространства (наружные стены) или отделяют их от других помещений (внутренние стены). Наружные и внутренние стены здания подразделяются:

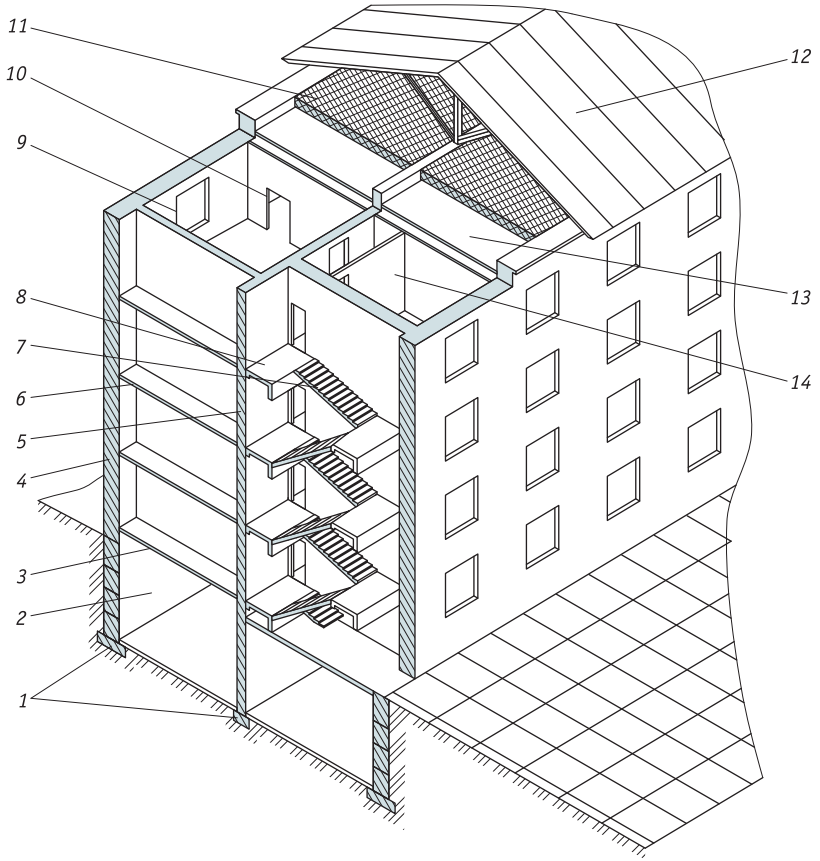
- на несущие, которые кроме собственного веса воспринимают нагрузку от других частей здания (перекрытий и крыши);
- самонесущие, которые несут нагрузку только от собственного веса стен всех этажей здания;
- ненесущие (навесные), состоящие из отдельных плит или панелей, которые прикрепляются к колоннам и воспринимают собственный вес только в пределах одного этажа и передают его поэтажно на колонны.

Отдельные опоры являются несущими элементами зданий. Их выполняют в виде колонн или столбов, предназначенных для восприятия нагрузок от перекрытий, крыши, стен и передачи этих нагрузок на фундамент.

Перегородки представляют собой тонкие (120 мм и тоньше) ненагруженные ограждения, устанавливаемые на перекрытиях и разделяющие внутреннее пространство здания на отдельные помещения.

Перекрытиями называются горизонтальные конструкции, делящие внутреннее пространство здания по высоте на этажи. Различают перекрытия подвальные, междуэтажные и чердачные.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж



1 — фундамент; 2 — подвал; 3 — подвальное перекрытие; 4 — наружная стена; 5 — внутренняя продольная стена; 6 — междуэтажное перекрытие; 7 — лестничный марш; 8 — лестничная площадка; 9 — оконный проем; 10 — дверной проем; 11 — утеплитель; 12 — крыша; 13 — чердачное перекрытие; 14 — перегородка

Рис. 10.1

Крыши — элементы зданий, совмещающие ограждающие и несущие функции. Верхний водоизолирующий слой крыши называются кровлей. Если между крышей и чердачным перекрытием имеется неотапливаемое помещение, называемое чердаком, то крышу над таким зданием называют чердачной. При пологих скатных и плоских крышах, а также в промышленных зданиях часто чердаки не делают, а чердачное перекрытие совмещают в одну конструкцию с крышей, называемую совмещенной.

Лестницы относятся к несущим элементам здания, предназначенным для сообщения между этажами. В многоэтажных здани-

ях лестницы устраивают в отдельных помещениях, называемых лестничными клетками и имеющими несгораемые ограждающие конструкции. Элементы лестниц — лестничные марши и лестничные площадки. Различают основные лестничные площадки на уровнях этажей и промежуточные лестничные площадки для перехода с одного марша на другой.

Проем — сквозное отверстие в стене. Оконный и дверной проемы — отверстия в стене для установки в них оконных и дверных блоков.

10.3. МАСШТАБЫ

На всех строительных чертежах, кроме чертежей, которые делаются путем фотографирования, должен быть указан масштаб. Масштаб, указываемый в графе «Масштаб» (в основной надписи, в таблицах), обозначают: 1 : 50; 1 : 100 и т. д. Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают в скобках (без буквы М) рядом с обозначением изображения. Например: «Фасад В — А (1 : 100)», «Разрез 1 — 1 (1 : 50)». Далее приведен рекомендуемый масштаб для вычерчивания планов, фасадов и разрезов здания.

Чертежи	*Рекомендуемый масштаб*
Планы зданий	1 : 50; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400
Фасады	1 : 50; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400
Разрезы	1 : 50; 1 : 100; 1 : 200
Планы кровли	1 : 400; 1 : 800

10.4. ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА

Чтобы чертеж легко читался, его оформляют в виде сочетания линий, различных по назначению, размерам и наименованию. Толщина линий обводки видимых контуров строительных чертежей, в отличие от принятой в машиностроении, не всегда одинакова. Элементы чертежа, которые надо выделить при наличии на нем других линий видимого контура, обводят более толстой линией. Например, на плане раскладки плит покрытия утолщенными линиями чертят контуры плит покрытия, а контуры стен служат фоном и их обводят более тонкими линиями. В табл. 10.1 приве-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 10.1

Линии	Толщина линии, мм, при масштабе		
	1 : 50	1 : 100	1 : 200
Для обводки линий фасадов			
Контуры зданий и проемов	0,5 ... 0,6	0,4 ... 0,5	0,3 ... 0,4
Контуры оконных переплетов	0,3	0,2 ... 0,3	0,2
Линии уровня земли	1,5 ... 2,0	1,0 ... 1,5	0,7 ... 0,8
Для обводки линий планов и разрезов			
Контуры несущих нагрузку стен, колонн, дымоходов, попавших в плоскость разреза	0,8 ... 1,0	0,7 ... 0,8	0,5 ... 0,6
Контуры несущих нагрузку стен, колонн, дымоходов, не попавших в плоскость разреза	0,4 ... 0,5	0,3 ... 0,4	0,3
Контуры перегородок, попавших в плоскость разреза	0,5 ... 0,6	0,5	0,4
Контуры перегородок, не попавших в плоскость разреза	0,3 ... 0,4	0,2 ... 0,3	0,2

дены рекомендуемые толщины линий обводки фасадов, планов и разрезов зданий в зависимости от масштаба чертежей.

10.5. НЕКОТОРЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬНОМ ЧЕРЧЕНИИ

План — это горизонтальный разрез здания. Здание или сооружение в плане расчленяется осевыми линиями на ряд элементов. Эти осевые линии определяют расположение вертикальных несущих конструкций зданий (стен, колонн) и называются разбивочными. Расстояние между разбивочными осями в плане здания называют *шагом*, который бывает продольным или поперечным (в зависимости от направления).

Пролетом в плане называют расстояние между разбивочными осями несущих стен или отдельных опор в направлении, соответствующем пролету основной несущей конструкции перекрытия или покрытия. Чаще шаг представляет собой меньшее расстояние между осями, а пролет — большее.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Высотой этажа считают расстояние по вертикали от уровня пола данного этажа до уровня пола вышележащего этажа, а в верхних этажах и одноэтажных зданиях — расстояние от уровня пола до отметки верха чердачного перекрытия. Часть здания с размерами, равными высоте этажа, пролету и шагу, называется объемно-планировочным элементом, а его горизонтальная проекция — планировочным элементом.

Размеры объемно-планировочных и конструктивных элементов должны быть кратны модулю, обозначаемому буквой М. За величину основного модуля для координации размеров принимают размер 100 мм. Применяют также укрупненные и дробные модули, образуемые умножением или делением величины основного модуля на целые числа. Принятие в проектах единого или ограниченного числа размеров шагов, пролетов и высот этажей позволяет применять ограниченное число типоразмеров деталей, что способствует использованию индустриальных методов в строительстве.

10.6. ЧЕРТЕЖИ ЗДАНИЙ

Виды здания спереди, сзади, справа и слева называются *фасадами здания*. Вид на здание сверху называется *планом крыши*. План крыши и фасады здания дают представление о внешней форме здания, количестве этажей, наличии балконов и лоджий, расположении входных дверей, размерах здания. С расположением и размерами комнат здания по этажам, размещением санитарно-технического оборудования, основными строительными конструкциями здания можно ознакомиться по его планам и разрезам.

Планы, фасады и разрезы здания называют общими архитектурно-строительными чертежами. Эти чертежи дают основное представление о здании. По ним судят о планировке и размерах помещений, количестве этажей, архитектуре здания, конструкции и материалах основных его элементов.

10.6.1. Планы зданий

Планом здания называется разрез здания горизонтальной плоскостью, проведенной через оконные и дверные проемы. Мысленно разрежем здание горизонтальной плоскостью и удалим его верхнюю часть (рис. 10.2). Если построить проекцию оставшейся нижней части здания на горизонтальную плоскость проекций $П_1$, то полученное изображение называют планом здания. В много-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

этажных зданиях горизонтальные секущие плоскости проводят через окна и двери каждого этажа и получают соответственно планы первого, второго и последующих этажей.

На планах здания наряду со стенами, перегородками и лестницами показывают расстановку санитарно-технического оборудования (ванн, унитазов, раковин, душевых и т.д.), направление открывания дверей, размещение вентиляционных каналов. На планах производственных зданий чертят размещение технологического оборудования (станков, турбин и т.д.). На планах зданий и сооружений поперечные оси обозначают арабскими цифрами слева направо, начиная с цифры 1. Продольные оси обозначают прописными буквами снизу вверх, начиная с буквы А (рис. 10.3). Буквы Е, Ё, З, Й, О, Х, Ц, Щ, Ъ, Ы, Ь не применяют для маркировки осей.

Построив разбивочные оси, чертят тонкими линиями наружные и внутренние стены здания. Толщину наружных стен принимают по расчету на прочность и теплоустойчивость. Для кирпичных стен она равна 1,5; 2,0; 2,5 (и т.д.) кирпича. Это значит, что указанное количество кирпичей (по длине) укладывают поперек стены. Размеры кирпича, мм, по длине, ширине и высоте составляют соответственно $250 \times 120 \times 65$. При толщине кладочных растворных швов 10 мм толщина стены в 1,5 кирпича будет составлять 380 мм, а в 2,0 кирпича — 510 мм. Чтобы вычертить конту-

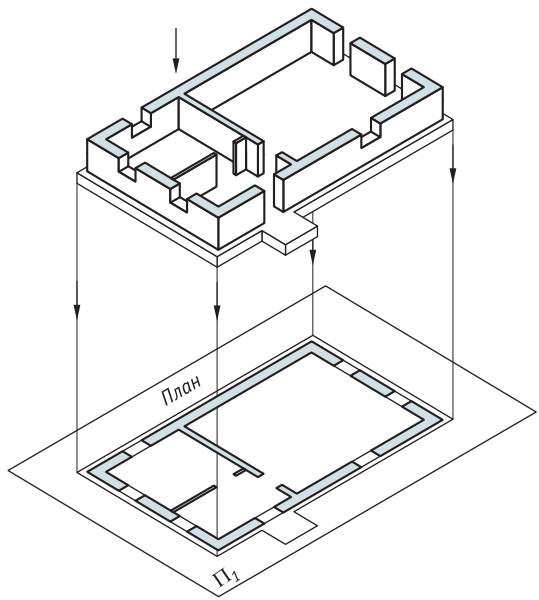


Рис. 10.2

ры наружных и внутренних стен здания, необходимо соблюдать правила привязки конструктивных элементов зданий к разбивочным осям, изложенные в строительных нормах и правилах (СНиП).

Наметив контуры стен, вычерчивают оконные и дверные проемы, лестницы, перегородки и другие конструктивные элементы здания (табл. 10.2) согласно ГОСТ 21.501—93. Показывают направления открывания дверей (двери на путях эвакуации открывают наружу, двери из квартир на лестничную клетку — внутрь). Вычерчивают условные обозначения (табл. 10.3) санитарно-технического оборудования (ГОСТ 21.205—93). На планах этажей обводку производят линиями неодинаковой толщины. Контуры наружных и внутренних несущих стен, колонн, столбов, лежащих в секущей плоскости, не заштриховывают, а выделяют более толстой линией обводки (см. табл. 10.1).

Размеры на планах строительных чертежей зданий проставляют в миллиметрах. Основанием для определения размеров на чертеже здания служат размерные числа и линии. Выносные размерные линии проводят тонкими сплошными линиями. В местах пересечения размерных линий с выносными линиями ставят за-

План 1-го этажа

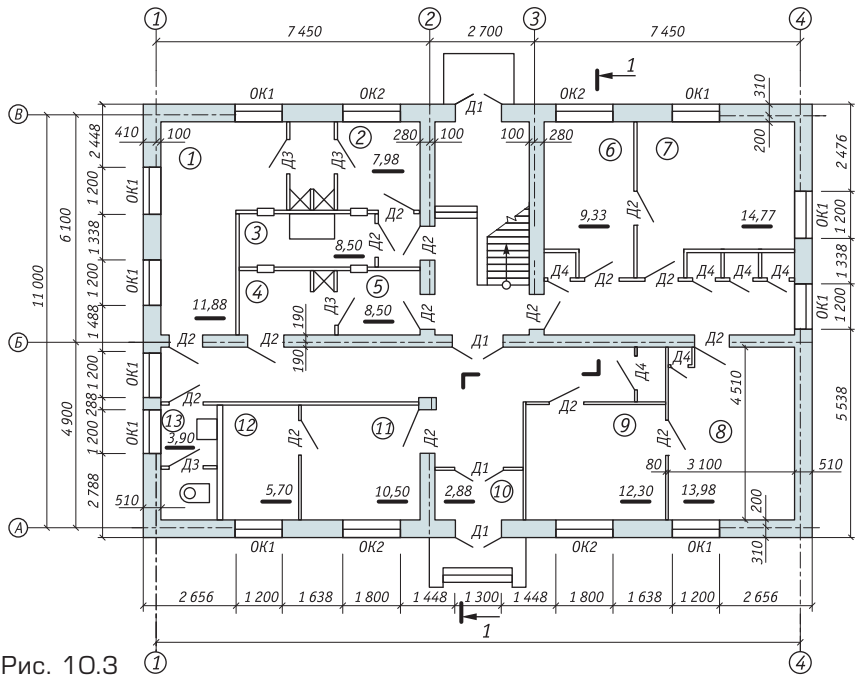
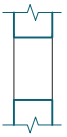
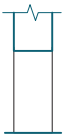
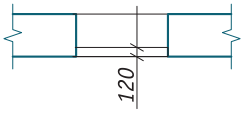
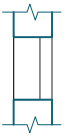
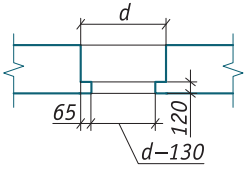
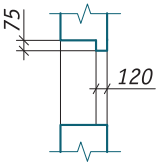
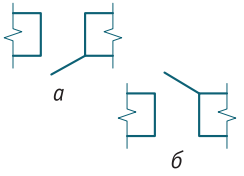
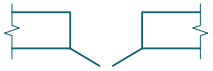
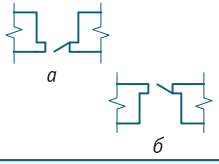
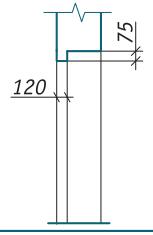
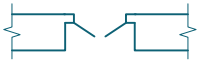


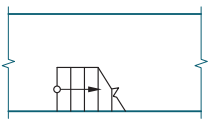
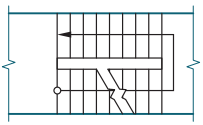
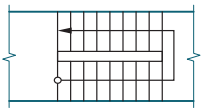
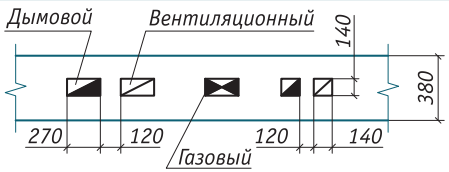
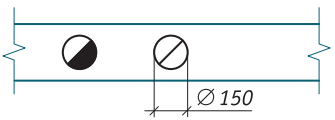
Рис. 10.3

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Таблица 10.2

Обозначения		Наименования
В плане	В разрезе	
		Проем в стене или перегородке, не доходящий до пола
		Проем в стене или перегородке, доходящий до пола
		Проем оконный без четверти
		Проем оконный с четвертями (в жилых, детских, учебных, лечебных и других зданиях)
		Двери однопольная правая (*а*) и левая (*б*) в проеме без четвертей
		Дверь двупольная в проеме без четвертей
		Двери однопольная правая (*а*) и левая (*б*) в проеме с четвертями
		Дверь двупольная в проеме с четвертями

Окончание табл. 10.2

Обозначения		Наименования
В плане	В разрезе	
Обозначения в плане		Наименования
		Дверь качающаяся двупольная
		Дверь вращающаяся
		Дверь откатная
		Лестница, нижний марш
		Лестница, промежуточный марш
		Лестница, верхний марш
		Каналы в кирпичной стене
		Дымовой и вентиляционный каналы в блочной стене

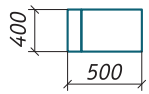
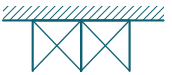
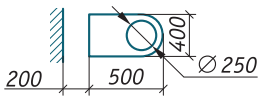
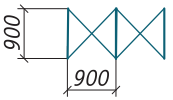
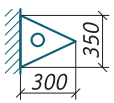
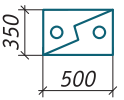
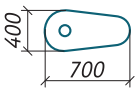
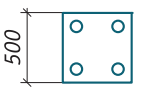
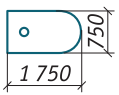
сечки (наклонные черточки) под углом 45° к размерной линии, снизу вверх по ходу письма (см. рис. 10.3). Размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 2...3 мм.

На планах зданий размеры проставляют цепочкой. Таких цепочек размерных линий чертят от одной до трех. Все цепочки дол-

жны состоять из непрерывных линий. Первую цепочку размерных линий чертят на расстоянии 12...16 мм от контура плана, чтобы не затруднять его чтение. Расстояние между последующими цепочками составляет 8 мм. На первой цепочке размерных линий пишут размеры оконных и дверных проемов и простенков между ними: на второй — размеры между соседними разбивочными осями; на третьей — размеры между крайними разбивочными осями.

Внутренние размеры комнат, толщины внутренних стен и перегородок проставляют на внутренних размерных линиях. Внутреннюю размерную линию чертят на расстоянии 8...10 мм от стены или перегородки. Снаружи плана здания вблизи оконных проемов наносят их условные буквенные обозначения в порядке возрастания номеров (например, ОК1, ОК2 и т.д.). Площади отдельных комнат пишут в квадратных метрах с двумя десятичными знаками после запятой. Цифру площади подчеркивают толстой линией. В пределах каждого помещения на плане подписывают

Таблица 10.3

Обозначения	Наименование	Обозначения	Наименование
	Умывальник индивидуальный		Душевые кабины пристенные
	Унитаз		Душевые кабины проходные
	Писсуар		Плита электрическая двухконфорочная
	Бидэ с фонтанчиком		Плита газовая четырехконфорочная
	Ванна		

его назначение. Если надписи разместить трудно, то на плане указывают в кружках диаметром 5...7 мм номера помещений, а на чертеже выполняют *экспликацию* — таблицу с порядковыми номерами и наименованиями помещений.

10.6.2. Разрезы зданий

Чтобы показать высоту здания и его этажей, отметки и размеры оконных и дверных проемов, уровня пола и других элементов, делают разрез здания. *Разрезом здания* называется условное изображение, полученное сечением здания вертикальной плоскостью, причем часть его, находящуюся между секущей плоскостью и глазом наблюдателя, мысленно удаляют, а вычерчивают то, что находится в секущей плоскости и расположено за ней.

Разрезы зданий бывают конструктивные и контурные (архитектурные). Если на чертеже разреза здания показывают конструкции элементов здания, то разрез называют конструктивным (его делают при разработке рабочих чертежей проекта здания). На стадии технико-экономического обоснования (проекта) строительства после выполнения плана здания делают разрез, на котором показывают не конструкции фундаментов, перекрытий, стропил и других элементов, а только их контуры. Здесь же проставляют размеры (в миллиметрах) и высотные отметки (в метрах), необходимые для дальнейшей проработки фасада здания. Такой разрез называется контурным, или архитектурным, и для строительства здания не используется, потому что на нем не показаны конструкции элементов здания.

Положение секущей плоскости показывают на плане здания разомкнутыми линиями; стрелки при них указывают направление взгляда (см. рис. 10.3). Около стрелок (с внешней стороны) пишут одноименные цифры, которыми именуют чертеж разреза. Например, разрез *1—1*, *2—2* и т.д. (рис. 10.4). Разрез здания называется поперечным, если секущая плоскость перпендикулярна продольным стенам. Если секущая плоскость параллельна продольным стенам здания, то разрез называется продольным.

Разрезы бывают простыми (одна секущая плоскость) и сложными (две и более секущие плоскости). Секущие плоскости выбирают так, чтобы в разрез попадали оконные и дверные проемы, лестничные клетки, шахты подъемников и другие наиболее сложные по конструкции части здания.

Вычерчивание разрезов зданий начинают с нанесения вертикальных осей стен. Оси обозначают теми же буквами или цифра-

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

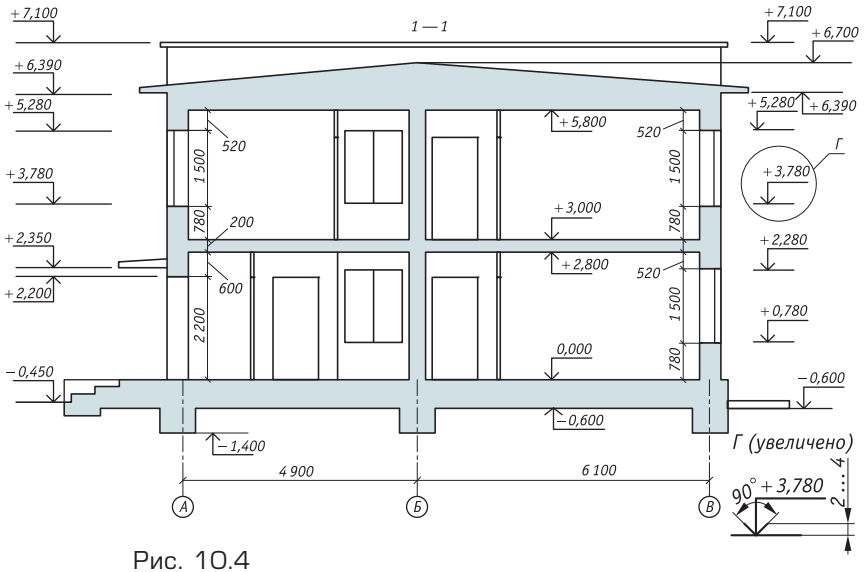


Рис. 10.4

ми, которые приняты для этих стен на плане здания. Затем чертят уровень пола первого этажа, линию уровня земли и, используя план здания, вычерчивают разрез по этажам. Попавшие в разрез конструкции здания полностью не вычерчивают, а показывают только их контуры. Например, показывая междуэтажное перекрытие здания, ограничивают его двумя линиями: на уровне пола и на уровне потолка нижнего помещения.

На разрезах здания проставляют следующие размеры: размер между разбивочными осями стен; высота помещений в свету; толщина перекрытий; высота оконных и дверных проемов; высотные отметки конструктивных элементов (уровня чистого пола, окон, дверей, уровня земли, карнизов, конька крыши и т.д.). Высотная отметка определяет расстояние (высоту) от уровня чистого пола* первого этажа здания до уровня поверхности данного элемента, измеряемое в метрах с точностью до 0,001 (в учебных чертежах — до 0,01).

Отметку уровня чистого пола первого этажа принимают условно равной 0,00. Если при высотной отметке стоит знак «–», то это значит, что высоту данного элемента надо откладывать вниз от уровня чистого пола первого этажа здания. Положительные от-

* Конструкция пола состоит из ряда последовательно лежащих слоев. Чистый пол — верхний слой покрытия пола (доска, паркет, линолеум и др.).

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

метки пишут со знаком «+». Для обозначения высотной отметки служит условный знак в виде стрелки, выполненный сплошными тонкими линиями. Знак отметки имеет следующие размеры: длина полки — 18 мм; высота знака — 2...4 мм; угол стрелки — 90°. Вершиной стрелка отметки опирается на выносную линию. Внутри разреза проставляют высоты этажей, размеры дверных и оконных проемов, а также высотные отметки уровней полов и площадок лестницы. Высотные отметки наружных элементов здания размещают справа и слева от разреза в виде вертикальных столбиков внутри и снаружи.

10.6.3. Фасады зданий

Фасадом здания называется его наружная лицевая сторона, характеризующая внешний вид здания и его архитектуру. Если фасад здания выходит на улицу или площадь, то его называют главным фасадом, а вид на здание сзади — дворовым фасадом, виды на здание справа и слева — боковыми или торцовыми фасадами. Если здание расположено внутри квартала или заводской территории, то все фасады называются дворовыми. По чертежу фасада здания судят о размерах и пропорциях здания, расположении и форме конструктивных и архитектурных элементов здания: окон, дверей, балконов, пилястр, колонн и т.д.

Чертежи фасадов зданий именуют по крайним левой и правой разбивочным осям, поэтому после слова «Фасад» пишут номера

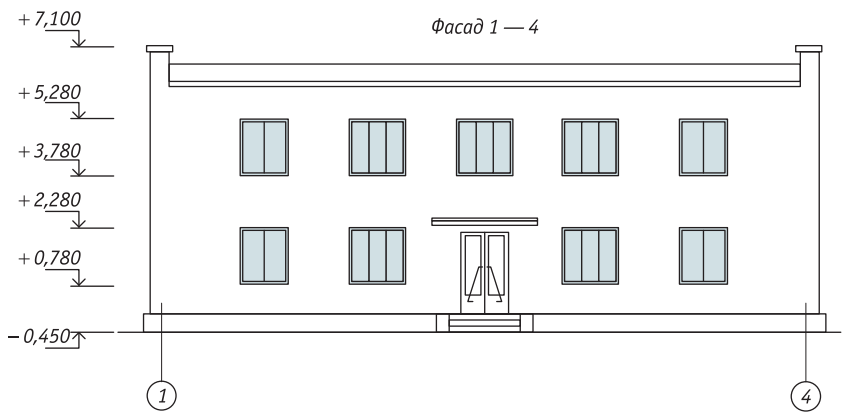


Рис. 10.5

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

или буквы крайних осей стен, ограничивающих указанный фасад (рис. 10.5). Например: «Фасад 1 — 4» или «Фасад А—В». Планы и разрезы здания определяют размеры, необходимые для вычерчивания фасадов. Общую длину фасада, ширину оконных и дверных проемов и простенков между ними берут с плана здания. Высоты оконных и дверных проемов, карниза, конька крыши и других элементов берут с разреза.

Построение чертежа фасада начинают с проведения линии уровня земли (толщиной 1,0...1,5 мм), заходящей вправо и влево за контуры фасада на 15...20 мм. Затем, используя план здания, чертят вертикальные линии фасада. Размеры на фасадах обычно наносят за пределами изображения (слева и справа от него). Чертят выносные горизонтальные линии и подписывают высотные отметки уровня земли, цоколя, низа и верха проемов, карнизов, балконов и других элементов здания. Степень проработки фасадов зависит от масштаба чертежа и его назначения. При масштабе чертежей 1 : 200 и менее оконные переплеты и рисунки полотен дверей не выполняют, а показывают только контуры оконных и дверных проемов. При больших масштабах показывают оконные переплеты и дверные полотна.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что обозначают заглавные буквы марки рабочего чертежа?
2. Что называется фундаментом здания?
3. Какие стены называются несущими?
4. К каким элементам здания относятся лестницы?
5. В каком масштабе могут выполняться планы зданий?
6. Что называется главным фасадом здания?

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Список литературы

1. *Баранова Л.А.* Основы черчения / Л.А. Баранова, Р.Л. Боровиков, А.П. Панкевич. — М. : Высш. шк., 1996. — 384 с.

2. *Боголюбов С.К.* Инженерная графика / С.К. Боголюбов. — М. : Машиностроение, 2004. — 352 с.

3. Инженерная графика : учебник / [Н.П. Сорокин, Е.Д. Ольшевский, А.Н. Заикина, Е.И. Шибанова] ; под ред. Н.П. Сорокина. — СПб. : Лань, 2005. — 392 с.

4. *Кириллов А.Ф.* Чертежи строительные : учеб. пособие / А.Ф. Кириллов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Стройиздат, 1985. — 312 с.

5. *Котов И.И.* Начертательная геометрия / И.И. Котов. — М. : Высш. шк., 1970. — 384 с.

6. *Левицкий В.С.* Машиностроительное чертежи и автоматизация выполнения чертежей / В.С. Левицкий. — М. : Высш. шк., 2003. — 429 с.

7. Начертательная геометрия / [Н.Ф. Четверухин, В.С. Левицкий, З.И. Прянишникова и др.]. — М. : Высш. шк., 1963. — 420 с.

8. *Суворов С.Г.* Машиностроительное черчение в вопросах и ответах : справочник / С.Г. Суворов, Н.С. Суворов. — М. : Машиностроение, 1984. — 351 с.

9. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие правила выполнения чертежей : сборник стандартов. — М. : Изд-во стандартов, 1991. — 238 с.

10. ЕСКД. Правила выполнения чертежей различных изделий : сборник стандартов. — М. : Изд-во стандартов, 1976. — 232 с.

11. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. СНиП 11-01-95. — М. : Минстрой России, 1995. — 20 с.

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Оглавление

Предисловие 4

ЧАСТЬ I

ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Глава 1. Графическое оформление чертежей. Геометрические построения 7

1.1. Общие положения единой системы конструкторской документации 7
1.2. Форматы 7
1.3. Масштабы 8
1.4. Линии 8
1.5. Шрифты 13
1.6. Геометрические построения 21
1.7. Нанесение размеров на чертежах 33

Глава 2. Теория изображений. Основы начертательной геометрии 44

2.1. Краткие сведения о видах проецирования 44
2.2. Проекции точки. Образование чертежа Монжа 46
2.3. Аксонометрические проекции 50
2.4. Проекции прямой 55
2.5. Проекции плоскости 62
2.6. Взаимное расположение прямой, плоскости и двух плоскостей 70
2.7. Способы преобразования проекций 74
2.8. Ортогональные и аксонометрические проекции многоугольника и окружности 80
2.9. Ортогональные и аксонометрические проекции геометрических тел 86
2.10. Каркасный способ решения позиционных задач на поверхности 99
2.11. Частные случаи пересечения поверхностей второго порядка 110

ЧАСТЬ II

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава 3. Изображения — виды, разрезы, сечения 115

3.1. Основные положения и определения 115
3.2. Виды 118
3.3. Разрезы 122
3.4. Сечения 132
3.5. Условности и упрощения на чертежах 136
3.6. Графическое обозначение материалов и правила их нанесения на чертежах 141

Глава 4. Виды конструкторских документов 145

4.1. Виды изделий 145
4.2. Виды конструкторских документов и стадии их разработки 146
4.3. Основная надпись 148
4.4. Спецификация 153

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж

Глава 5. Изображение и обозначение резьб 155
5.1. Образование резьбы 155
5.2. Параметры резьбы 156
5.3. Виды резьб 158
5.4. Изображение резьбы 161
5.5. Обозначение резьбы 165

Глава 6. Виды соединений 172
6.1. Общие сведения о соединениях 172
6.2. Соединения резьбовые 172
6.3. Соединения деталей штифтами 183
6.4. Соединения деталей шпонками 184
6.5. Соединения клиновые 186
6.6. Зубчатые передачи 187
6.7. Соединения шлицевые 190
6.8. Соединения сварные 192
6.9. Соединения клепаные 196
6.10. Соединения паяные и клееные 199

Глава 7. Чертежи деталей 201
7.1. Элементы деталей машин 201
7.2. Требования к оформлению графической части чертежа 203
7.3. Нанесение размеров на чертежах 204
7.4. Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах 213
7.5. Текстовые надписи на чертежах 214
7.6. Обозначение материалов в конструкторской документации 215
7.7. Измерительные инструменты и приемы измерения деталей 226
7.8. Эскизы и рабочие чертежи деталей 233
7.9. Изображение, обозначение и нанесение размеров элементов деталей 245
7.10. Чертежи деталей со стандартными изображениями 248

Глава 8. Чертежи сборочных единиц 259
8.1. Чертежи общего вида 259
8.2. Сборочный чертеж. Условности и упрощения на сборочных чертежах 260
8.3. Последовательность выполнения учебного чертежа готового изделия 275
8.4. Чтение и деталирование чертежей сборочных единиц 283

Глава 9. Схемы 290
9.1. Виды и типы схем. Общие требования к выполнению схем 290
9.2. Схемы электрические 292
9.3. Схемы кинематические 295
9.4. Схемы гидравлические 298

ЧАСТЬ III

ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Глава 10. Чертежи строительные 303
10.1. Краткие сведения о строительных чертежах 303
10.2. Конструктивные элементы здания 304
10.3. Масштабы 306
10.4. Линии чертежа 306
10.5. Некоторые понятия и термины, применяемые в строительном черчении 307
10.6. Чертежи зданий 308

Список литературы 318

ГАОУ СПО Башкирский архитектурно-строительный колледж