

Рецензенты: В. А. Зимницкий, В. Н. Григорьев

Гжиров Р. И.

Г45 Краткий справочник конструктора: Справочник — Л: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. — 464 с., ил.

В пер. 2 р. 40 к.

В справочнике систематизированы руководящие и наиболее употребительные справочные материалы в соответствии с государственными стандартами и стандартами СЭВ по основным элементам конструирования и оформлению конструкторской документации. Даны методические указания и переводные таблицы. Приведены единицы Международной системы; допуски и посадки ЕСКД СЭВ; основные нормы взаимозаменяемости СЭВ; элементы деталей, соединений, передач и механизмов; основная терминология; данные по черным и цветным металлам, пластмассам; правила выполнения чертежей по ЕСКД СЭВ.

Справочник предназначен для инженеров и техников-конструкторов, технологов и мастеров всех отраслей машиностроения.

Г 2702000000—893  
038 (01)-84 Инф. орм. письмо.

ББК 34.4я2  
6П5 (083)

© Издательство «Машиностроение», 1983 г.

## Оглавление

Предисловие . . . . .	6
-----------------------	---

### ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

#### ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава 1. Единицы физических величин . . . . .	7
1.1. Общие положения . . . . .	—
1.2. Единицы Международной системы (СИ) . . . . .	10
1.3. Единицы, не входящие в СИ . . . . .	—
1.4. Правила образования десятичных кратных и дольных единиц, а также их наименований и обозначений . . . . .	11
1.5. Правила написания обозначений единиц . . . . .	13
1.6. Правила написания наименований единиц . . . . .	14
1.7. Рекомендации по применению наименований физических величин . . . . .	15
1.8. Перевод значений величин в единицы СИ . . . . .	16
Глава 2. Общие вопросы проектирования . . . . .	24
2.1. Базирование и базы в машиностроении . . . . .	—
2.2. Технологичность конструкций . . . . .	25
Понятие о технологичности конструкции и ее видах. Обеспечение технологичности конструкций изделий на основе ЕСТПП. Показатели технологичности конструкций.	
2.3. Разработка и постановка продукции на производство . . . . .	30
2.4. Защита изделий и материалов от коррозии, старения и биоэрозий . . . . .	31
Покрывтия металлические и неметаллические неорганические. Классификация, условные обозначения. Покрывтия лакокрасочные	

### ЧАСТЬ ВТОРАЯ

#### ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК (ЕСДП СЭВ И ЕСДП) ДЛЯ ГЛАДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава 3. Единая система допусков и посадок (ЕСДП СЭВ и ЕСДП) для гладких элементов . . . . .	38
3.1. Общие сведения . . . . .	—
Основные положения ЕСДП СЭВ. Основные термины и определения по допускам и посадкам. Условные обозначения. Интервалы номинальных размеров. Квалитеты. Сравнение квалитетов с классами точности ОСТ для размеров от 1 до 500 мм. Основные отклонения.	
3.2. Числовые значения допусков . . . . .	45
3.3. Поля допусков и числовые значения предельных отклонений . . . . .	46
3.4. Поля допусков для деталей из пластмасс . . . . .	57
3.5. Замена полей допусков системы ОСТ при переходе на ЕСДП СЭВ . . . . .	—
3.6. Посадки ЕСДП СЭВ . . . . .	59
3.7. Замена посадок системы ОСТ при переходе на ЕСДП СЭВ . . . . .	64
3.8. Характеристика и области применения посадок по ЕСДП СЭВ . . . . .	72
3.9. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками . . . . .	76
Глава 4. Нормальные размеры. Допуски углов . . . . .	86
4.1. Предпочтительные числа . . . . .	—
4.2. Нормальные линейные размеры . . . . .	—
4.3. Нормальные углы, конусности и углы конусов . . . . .	83
4.4. Допуски углов . . . . .	93
Глава 5. Отклонения формы и расположения поверхностей . . . . .	98
5.1. Основные виды отклонений и допусков формы и расположения поверхностей . . . . .	—
Общие термины и определения. Отклонения формы. Отклонения расположения. Суммарные отклонения формы и расположения. Независимые и зависимые допуски.	
5.2. Допуски формы и расположения поверхностей . . . . .	106
5.3. Нормирование предельных отклонений формы и расположения . . . . .	—
Глава 6. Шероховатость и волнистость поверхностей . . . . .	122
6.1. Шероховатость поверхностей . . . . .	—
Общие положения. Параметры для нормирования шероховатости поверхности.]	
6.2. Поверхности с регулярным микрорельефом . . . . .	132
Общие положения. Параметры и характеристики поверхностей с ПРМР. Параметры и характеристики поверхностей с ЧРМР.	
6.3. Волнистость поверхностей . . . . .	135
6.4. Нормирование шероховатости поверхности . . . . .	136
6.5. Указание числовых значений параметров шероховатости в конструкторских документах . . . . .	148

<b>Глава 7. Технологическое обеспечение размерной точности и качества поверхностей</b>	149
7.1 Точность выполнения размеров деталей. Нормирование точности	—
7.2 Качество поверхности	158
7.3 Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей машин	160
7.4 Управление качеством поверхности технологическими методами. Шероховатость поверхностей заготовок и деталей после различных видов и методов обработки. Технологические методы повышения качества поверхностей.	164
<b>Глава 8. Резьбовые соединения</b>	186
8.1. Общие сведения по резьбам	—
8.2. Допуски и посадки резьб	—
8.3. Резьба метрическая цилиндрическая для диаметров от 1 до 600 мм. Профиль. Диаметры и шаги. Основные размеры. Допуски и предельные отклонения резьб для посадок скользящих и с зазором. Допуски и предельные отклонения резьб для посадок переходных и с натягом. Обозначение резьбы	187
8.4. Резьба метрическая коническая. Профиль и основные размеры. Обозначение резьбы и соединений.	196
8.5. Резьба метрическая для деталей из пластмасс	197
8.6. Резьба трапецеидальная. Характеристика резьбы. Обозначение резьбы.	198
8.7. Резьба упорная. Профиль и основные размеры. Степени точности, основные отклонения, поля допусков. Обозначение резьбы.	201
8.8. Резьба трубная цилиндрическая. Резьба трубная коническая	202
<b>Глава 9. Соединения шпоночные, шлицевые</b>	203
9.1. Соединения шпоночные. Соединения с призматическими шпонками. Соединения с сегментными шпонками. Соединения с клиновыми шпонками. Соединения с тангенциальными шпонками. Условные обозначения шпонок и нанесение размеров на чертежах.	—
9.2. Соединения шлицевые (зубчатые). Соединения шлицевые с эвольвентным профилем зубьев. Условные обозначения шлицевых соединений	214
<b>Глава 10. Соединения с подшипниками</b>	222
10.1. Подшипники качения. Классификация и маркировка. Классы точности. Выбор подшипников качения. Посадки. Выбор полей допусков и посадок. Шероховатость и точность геометрической формы посадочных поверхностей. Обозначения посадок на чертежах.	—
10.2. Подшипники скольжения. Общие сведения. Стандартизованные втулки общего назначения. Стандартизованные корпуса подшипников скольжения, втулки и вкладыши к ним.	241
<b>Глава 11. Передачи зубчатые и реечные</b>	257
11.1. Классификация	—
11.2. Терминология	—
11.3. Передачи зубчатые цилиндрические. Модули. Степени точности и виды сопряжения. Условные обозначения. Основные параметры.	261
11.4. Передачи зубчатые реечные. Степени точности и виды сопряжения. Условные обозначения.	263
11.5. Передачи зубчатые конические. Модули. Степени точности и виды сопряжения. Условные обозначения. Основные параметры.	264
11.6. Передачи червячные цилиндрические. Модули. Степени точности и виды сопряжения. Условные обозначения.	267
11.7. Редукторы. Высоты осей. Передаточные числа	268
11.8. Выбор степени точности зубчатых передач	269
<b>Глава 12. Стандартизованные элементы деталей</b>	279
12.1. Отверстия: центровые	—
12.2. Радиусы закруглений, фаски, канавки	—
12.3. Отверстия под концы установочных винтов	279
12.4. Элементы крепежных деталей	—
12.5. Рифления прямые и сетчатые	—
12.6. Резьбы присоединительные штоков и плунжеров гидро- и пневмоцилиндров	289
12.7. Выход резьбы (сбеги, недорезы, проточки и фаски)	—
12.8. Стержни и отверстия под нарезание метрической резьбы	—
<b>ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ</b>	
<b>МАТЕРИАЛЫ</b>	
<b>Глава 13. Общие сведения о материалах</b>	302
Принятые обозначения.	—
13.1. Условные обозначения и физические свойства материалов	—
13.2. Определение и обозначение твердости металлов и сплавов	306

	Метод Роквелла. Метод Бриелля. Метод Виккерса. Соотношения между числами твердости.	308
<b>Глава 14. Черные и цветные металлы и сплавы. Пластмассы</b>	14.3. Механические свойства материалов	316
14.1. Чугун	—	—
14.2. Сталь. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Сталь углеродистая качественная конструкционная. Сталь легированная конструкционная. Сталь рессорно-пружинная углеродистая и легированная. Стали и сплавы высоколегированные. Сталь инструментальная углеродистая. Сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием (автоматная).	—	335
14.3. Алюминиевые сплавы	—	—
14.4. Магниеые сплавы	—	—
14.5. Латунь	—	344
14.6. Бронза	—	346
14.7. Пластмассы	—	—

#### ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

#### ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ЕСКД И ЕСКД СЭВ

<b>Глава 15. Конструкторские документы</b>	347
15.1. Общие положения Единой системы конструкторской документации	—
15.2. Виды, комплектность и стадии разработки конструкторских документов	348
15.3. Обозначение изделий и конструкторских документов	349
15.4. Форматы и масштабы	351
<b>Глава 16. Общие правила выполнения чертежей</b>	352
16.1. Линии	—
16.2. Основные надписи	355
16.3. Спецификация	360
16.4. Складывание чертежей	364
16.5. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах	365
16.6. Обозначения шероховатости поверхностей. Правила нанесения обозначений шероховатости на чертежах	367
16.7. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки	376
16.8. Надписи, технические требования и таблицы на чертежах	380
16.9. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий	381
16.10. Нанесение размеров. Общие положения. Размерные и выносные линии. Стрелки. Размерные числа. Знаки. Сеть размеров. Упрощенное нанесение размеров отверстий.	382
16.11. Нанесение предельных отклонений размеров по ЕСПД СЭВ	389
16.12. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей	394
16.13. Изображение резьбы. Упрощенные и условные изображения крепежных деталей	410
16.14. Условные и упрощенные изображения и обозначения швов сварных соединений. Общие сведения. Условное изображение и обозначение швов сварных соединений. Упрощенное обозначение швов сварных соединений.	415
16.15. Условные изображения и обозначения швов неразъемных соединений. Соединения паяные и клееные. Клепаные соединения.	421
16.16. Изображения пружин	423
16.17. Упрощенные изображения подшипников качения на сборочных чертежах	425
16.18. Условные изображения шлицевых и шпоночных соединений	427
<b>Глава 17. Общие требования к конструкторским документам</b>	428
17.1. Общие требования к чертежам. Чертежи общего вида. Рабочие чертежи. Сборочные чертежи. Габаритные чертежи. Монтажные чертежи. Чертежи деталей.	—
17.2. Правила выполнения документации на упаковку и тару. Правила выполнения документации по варианту А. Правила выполнения документации по варианту Б. Правила выполнения документации для упаковывания в некоторых частных случаях.	438
17.3. Групповые и базовые конструкторские документы	440
17.4. Контроль полноты изложения требований безопасности труда в конструкторской документации	—
17.5. Технологический контроль конструкторской документации	441
17.6. Метрологическая экспертиза конструкторской документации	443
<b>Глава 18. Правила выполнения диаграмм и схем</b>	—
18.1. Правила выполнения диаграмм	—
18.2. Правила выполнения схем (кинематических, гидравлических, пневматических, электрических)	447
<b>Список литературы</b>	459



В материалах XXVI съезда КПСС и в решениях ноябрьского (1981 г.) Пленума ЦК КПСС отмечается, что для реализации главной задачи одиннадцатой пятилетки — обеспечения дальнейшего роста благосостояния советских людей — необходимы неуклонный подъем народного хозяйства, ускорение его перевода на интенсивный путь развития, рациональное использование созданного производственного потенциала, всемерная экономия материальных, трудовых и финансовых ресурсов, повышение эффективности производства, увеличение выпуска и улучшение качества продукции. Важнейшим рычагом в решении этих задач является стандартизация.

Госстандартом СССР и его научно-исследовательскими институтами выполнена огромная работа по развитию государственной стандартизации и разработке ее фундаментальных теоретических основ. Стандартизованы до 20 государственных общетехнических систем, в том числе в области конструкторского дела, направленных на техническое взаимопонимание на всех уровнях и этапах создания, производства и эксплуатации изделий и во всей системе производственно-технической документации и информации. При этом отличительной особенностью является широкое развитие стандартизации на базе стандартов СЭВ, регламентирующих термины, определения, обозначения и нормы во всех областях проектирования. Следует различать два основных случая введения стандартов СЭВ.

Первый случай, когда стандарт СЭВ вводится в соответствующий новый или старый ГОСТ и выпускается с двойным обозначением, например ГОСТ 25142—82 (СТ СЭВ 1156—78), ГОСТ 2.309—73\* (СТ СЭВ 1632—79). В этом случае старый ГОСТ перерабатывается в соответствии с вводимым в него стандартом СЭВ. Стандарты, в которые были внесены изменения, отмечены звездочкой, например ГОСТ 2.780—68\*.

Второй случай, когда стандарт СЭВ вводится в действие непосредственно в качестве государственного стандарта СССР.

Данный справочник состоит из четырех частей, объединяющих 18 глав по тематическому признаку. Он включает материалы новейших нормативно-технических документов на базе стандартов СЭВ, изложенные в наиболее компактной и удобной для практического применения форме, позволяющей представить всю систему этих нормативно-технических документов комплексно, показав их взаимосвязь.

Из-за ограниченности объема автор не имел возможности включить ряд справочных материалов и таблиц, имеющих большой самостоятельный объем и содержащихся в стандартах или в отдельных справочных изданиях, а также те, по которым имеется обширная обновленная литература (например, «Передачи зубчатые, материалы»).

Учитывая специфику переходного периода, приведенный справочный материал сопровождается сравнительными таблицами и значительным объемом поясняющего текста, облегчающими его применение.

Все замечания, советы и пожелания, направленные на улучшение содержания справочника, будут приняты с благодарностью по адресу: 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10, ЛО издательства «Машиностроение».

# Единицы физических величин. Общие вопросы проектирования

## Глава 1. ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

### 1.1. Общие положения

ГОСТ 8.417—81 (СТ СЭВ 1052—78) устанавливает единицы физических величин, а также наименования, обозначения и правила применения этих единиц. В соответствии с ним подлежат обязательному применению единицы Международной системы единиц<sup>1</sup> (а также десятичные кратные и дольные от них), представляющие собой основу для унификации единиц физических величин во всем мире. Стандарт не распространяется на единицы величин, оцениваемых по условным шкалам, например шкалам твердости Роквелла, Виккерса и др.

### 1.2. Единицы международной системы (СИ)

Наименования и обозначения основных и дополнительных единиц приведены в табл. 1.1.

В качестве основных единиц измерения выбрано семь: метр (длина), килограмм (масса), секунда (время), ампер (сила тока), кельвин (температура), моль (количество вещества), кандела (сила света).

Таблица 1.1. Основные и дополнительные единицы  
Международной системы единиц (СИ)

Величина	Размерность	Единица		
		Наименование	Обозначение	
			международное	русское
<i>Основные единицы</i>				
Длина	L	метр	m	м
Масса	M	килограмм	kg	кг
Время	T	секунда	s	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	К
Количество вещества	N	моль	mol	моль
Сила света	J	кандела	cd	кд
<i>Дополнительные единицы</i>				
Плоский угол	—	радиан	rad	рад
Телесный угол	—	стерадиан	sr	ср

<sup>1</sup> Международная система единиц (международное сокращенное наименование — SI, в русской транскрипции — СИ) принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ) и уточнена на последующих ГКМВ. Сокращенное наименование Международной системы единиц следует произносить и писать «единицы СИ», а не «единицы системы СИ», так как слово «система» уже входит в наименование в виде буквы «С».

Т а б л и ц а 1.2. Примеры производных единиц СИ, наименования которых образованы из наименований основных, дополнительных и имеющих специальные наименования единиц

Величина	Размерность	Единица		
		Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Скорость (линейная) Ускорение	$L T^{-1}$ $L T^{-2}$	метр в секунду метр на секунду в квадрате	m/s $m/s^2$	м/с м/с <sup>2</sup>
Угловая скорость	$T^{-1}$	радиан в секунду	rad/s	рад/с
Угловое ускорение	$T^{-2}$	радиан на секунду в квадрате	rad/s <sup>2</sup>	рад/с <sup>2</sup>
Период	$T$	секунда	s	с
Частота периодического процесса	$T^{-1}$	герц	Hz	Гц
Частота вращения	$T^{-1}$	секунда в минус первой степени	s <sup>-1</sup>	с <sup>-1</sup>
Плотность	$L^{-3} M$	килограмм на кубический метр	kg/m <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>
Удельный объем	$L^3 M^{-1}$	кубический метр на килограмм	m <sup>3</sup> /kg	м <sup>3</sup> /кг
Сила	$L M T^{-2}$	ньютон	N	Н
Сила тяжести (вес)				
Момент силы, момент пары сил	$L^2 M T^{-2}$	ньютон-метр	N·m	Н·м
Импульс силы	$L M T^{-1}$	ньютон-секунда	N·s	Н·с
Давление	$L^{-1} M T^{-2}$	паскаль	Pa	Па
Нормальное напряжение				
Касательное напряжение				
Модуль продольной упругости				
Модуль сдвига				
Момент инерции (второй момент) площади плоской фигуры, осевой	$L^4$	метр в четвертой степени	m <sup>4</sup>	м <sup>4</sup>
То же, полярный » , центробежный				

Продолжение табл. 1.2

Величина	Размерность	Единица		
		Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Момент сопротивления плоской фигуры	$L^3$	метр в третьей степени	m <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
Динамическая вязкость	$L^{-1} M T^{-1}$	паскаль-секунда	Pa·s	Па·с
Кинематическая вязкость	$L^2 T^{-1}$	квадратный метр на секунду	m <sup>2</sup> /s	м <sup>2</sup> /с
Работа	$L^2 M T^{-2}$	джоуль	J	Дж
Энергия				
Мощность	$L^2 M T^{-3}$	ватт	W	Вт
Температура Цельсия	$\Theta$	градус Цельсия	°C	°C
Температурный коэффициент	$\Theta^{-1}$	кельвин в минус первой степени	K <sup>-1</sup>	К <sup>-1</sup>
Теплота, количество теплоты	$L^2 M T^{-2}$	джоуль	J	Дж
Теплопроводность	$L M T^{-3} \Theta^{-1}$	ватт на метр-кельвин	W/(m·K)	Вт/(м·К)
Коэффициент теплообмена	$M T^{-3} \Theta^{-1}$	ватт на квадратный метр-кельвин	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Коэффициент теплопередачи	$M T^{-3} \Theta^{-1}$	ватт на квадратный метр-кельвин	W/(m <sup>2</sup> ·K)	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Теплоемкость	$L^2 M T^{-2} \Theta^{-1}$	джоуль на кельвин	J/K	Дж/К
Удельная теплоемкость	$L^2 T^{-2} \Theta^{-1}$	джоуль на килограмм-кельвин	J/(kg·K)	Дж/(кг·К)
Удельная газовая постоянная				
Электрическое напряжение	$L^2 M T^{-3} I^{-1}$	вольт	V	В
Электрическая емкость	$L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$	фарад	F	Ф
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	$M T^{-2} I^{-1}$	тесла	T	Тл
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$L^2 M T^{-2} I^{-1}$	вебер	Wb	Вб

Величина	Размерность	Единица		
		Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	H	Гн
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ом	$\Omega$	Ом
Активная мощность	$L^2MT^{-3}$	ватт	W	Вт
Световой поток	J	люмен	lm	лм
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	lx	лк

Кроме температуры по шкале Кельвина (обозначаемой  $T$ ) допускается применять температуру по шкале Цельсия (обозначаемую  $t$ ):  $t = T - T_0$ , где  $T_0 = 273,15$  К по определению. Градусы Цельсия имеют обозначение (международное и русское) °C. По размеру градус Цельсия равен кельвину.

Система включает также две дополнительные единицы: радиан для плоского и стерадиан для телесного угла.

Производные единицы СИ образуются с помощью простейших уравнений связи из основных и дополнительных единиц СИ по правилам образования когерентных производных единиц [1, 7].

В табл. 1.2 приведены примеры производных единиц СИ, наименования которых образованы из наименований основных, дополнительных и имеющих специальные<sup>1</sup> наименования единиц.

### 1.3. Единицы, не входящие в СИ

Существует ограниченная группа единиц, которые не во всех случаях можно заменить единицами СИ. В табл. 1.3 помещен перечень единиц, допускаемых к применению наравне с единицами СИ без ограничения срока. Однако стандарт допускает их применение лишь в обоснованных случаях, т. е. тогда, когда замена их единицами СИ при современном состоянии соответствующих областей техники и народного хозяйства вызвала бы неоправданные затруднения [4].

В стандарт включены единицы массы (тонна), объема и вместимости (литр), времени (минута, час, сутки), плоского угла (градус, минута, секунда).

Без ограничения срока разрешается применять относительные и логарифмические единицы. Эти единицы не связаны с какой-либо системой единиц, так как не зависят от выбора основных единиц и во всех системах остаются неизменными. К относительным величинам (безразмерное отношение физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную) относятся: КПД, относительное удлинение, относительная плотность, относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости и др.

Все единицы других систем, которые допускались к применению до 1 января 1980 г., заменены единицами СИ, за исключением восьми единиц: карат, оборот в секунду, оборот в минуту, бар, текс, непер, морская миля, узел.

<sup>1</sup> В СТ СЭВ 1032—78 семнадцати производным единицам СИ присвоены специальные наименования.

Таблица 1.3. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Величина	Единица			Примечание
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Масса	тонна	t	т	—
Время	минута час сутки	min h d	мин ч сут	Допускается также применять другие единицы, получившие широкое распространение, например неделя, месяц, год, век, тысячелетие и т. п.
Плоский угол	градус минута секунда	... <sup>o</sup> ... <sup>'</sup> ... <sup>"</sup>	... <sup>o</sup> ... <sup>'</sup> ... <sup>"</sup>	—
Объем, вместимость	литр	l	л	1. Не рекомендуется применять при точных измерениях 2. При возможности смешения обозначения l с цифрой 1 допускается обозначение ltr

### 1.4. Правила образования десятичных кратных и дольных единиц, а также их наименований и обозначений

Стандарт разрешает применять десятичные кратные и дольные единицы, наименования которых следует образовывать путем присоединения приставок (Международный комитет присвоил им наименование «Приставки СИ»), охватывающих диапазон множителей, приведенных в табл. 1.4. Присоединение к наименованию единицы двух или более приставок подряд не допускается. Например, вместо наименования единицы микрофарад следует писать наименование пикофарад.

В некоторых областях всегда используется одна и та же кратная или дольная единица. Например, в чертежах, применяемых в машиностроении, линейные размеры всегда выражаются в миллиметрах.

Для снижения вероятности ошибок при расчетах десятичные кратные и дольные единицы рекомендуется подставлять только в конечный результат, а в процессе вычислений все величины выражать в единицах СИ, заменяя приставки степенями числа 10. Наряду с этим, при выполнении типовых расчетов часто оказывается более рациональным в расчетные формулы подставлять значения величин в десятичных кратных и дольных единицах. Это, например, очень характерно для расчетов в машиностроении.

Стандарт не предусматривает возможности исключить последнюю букву приставки при слиянии ее с наименованием единицы, поэтому сокращение «мегаом» следует признать не соответствующим стандарту, и оно подлежит замене наименованием «мегаом».

**Т а б л и ц а 1.4. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований**

Множитель	Приставка	Обозначение приставки		Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское			международное	русское
$10^{18}$	экса	E	Э	$10^{-1}$	деци	d	д
$10^{15}$	пета	P	П	$10^{-2}$	санци	c	с
$10^{12}$	тера	T	Т	$10^{-3}$	милли	m	м
$10^9$	гига	G	Г	$10^{-6}$	микро	$\mu$	мк
$10^6$	мега	M	М	$10^{-9}$	нано	n	н
$10^3$	кило	k	к	$10^{-12}$	пико	p	п
$10^2$	гекто	h	г	$10^{-15}$	фемто	f	ф
$10^1$	дека	da	да	$10^{-18}$	атто	a	а

**Примечания:** 1. В связи с тем, что наименование основной единицы — килограмм — содержит приставку «кило», для образования кратных и дольных единиц массы используется дольная единица грамм (0,001 кг), и приставки надо присоединять к слову «грамм», например миллиграмм (mg, мг) вместо микрокилограмм ( $\mu$ kg, мккг). 2. Дольную единицу массы — «грамм» — допускается применять и без присоединения приставки.

Приставку или ее обозначение следует писать слитно с наименованием единицы, к которой она присоединяется, или с ее обозначением. Производные единицы, образованные как произведение или отношение единиц, должны рассматриваться как нечто целое, не подлежащее делению на составные части, и, следовательно, приставки должны присоединяться к ним, как к целому, т. е. к наименованию первой единицы, входящей в произведение или отношение.

Правильно:

килопаскаль-секунда на метр  
(kPa·s/m; кПа·с/м)

Неправильно:

паскаль-килосекунда на метр  
(Pa·ks/m; Па·кс/м)

В ряде случаев для большей наглядности и лучшей воспринимаемости стараются выбирать единицы, входящие в произведение или отношение, удобные для выражения встречающихся в практике величин, образующих данную производную величину. Таким образом, были образованы многие единицы, способствовавшие становлению и развитию различных отраслей науки и техники. Они глубоко внедрились в практику и было бы затруднительно сразу же изъять их из употребления. Учитывая это обстоятельство, стандарт допускает применять такие единицы (с приставкой во втором множителе произведения или в знаменателе), однако лишь в обоснованных случаях, когда такие единицы широко распространены и переход к единицам, образованным с присоединением приставки к наименованию первой единицы, связан с большими трудностями, например тонна-километр (t·км; т·км), ватт на квадратный сантиметр ( $W/cm^2$ ; Вт/см<sup>2</sup>), вольт на сантиметр (V/cm; В/см), ампер на квадратный миллиметр (A/mm<sup>2</sup>; А/мм<sup>2</sup>).

В интересах упрощения и унификации единиц следует постепенно переходить к правильно образованным кратным и дольным единицам (например, от ампера на квадратный миллиметр — к мегаамперу на квадратный метр, от киловольта на сантиметр — к мегавольту на метр и т. д.). Под исходными единицами подразумеваются единицы, наименования которых не содержат приставок.

Наименования кратных и дольных единиц от единицы, возведенной в степень, следует образовывать путем присоединения приставки к наименованию исходной единицы, например для образования наименования кратной или дольной единицы от единицы площади — квадратного метра, представляющей собой вторую степень единицы длины — метра, приставку следует присоединять к наименованию этой последней единицы: квадратный километр, квадратный сантиметр и т. д. Неправильно

было бы писать: килоквадратный метр, санциквадратный метр. При таком (неправильном) понимании обозначение см<sup>2</sup> соответствует единице «санциквадратный метр», т. е. 0,01 м<sup>2</sup>, в то время как в действительности см<sup>2</sup> означает квадратный сантиметр, т. е. 0,0001 м<sup>2</sup>.

Обозначения кратных и дольных единиц от единицы, возведенной в степень, следует образовывать добавлением соответствующего показателя степени к обозначению кратной или дольной от этой единицы, причем показатель означает возведение в степень кратной или дольной единицы (вместе с приставкой). Примеры:

- $5 \text{ km}^2 = 5 (10^3 \text{ m})^2 = 5 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ .
- $250 \text{ cm}^3/\text{s} = 250 (10^{-2} \text{ m})^3/(1 \text{ s}) = 250 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ .
- $0,002 \text{ cm}^{-1} = 0,002 (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 0,002 \cdot 100 \text{ m}^{-1} = 0,2 \text{ m}^{-1}$ .

### 1.5. Правила написания обозначений единиц

Для написания значений величин предусматривается применять обозначения единиц буквами или специальными знаками (...°, ...', ..."), причем устанавливается два вида буквенных обозначений: международные (с использованием букв латинского или греческого алфавита) и русские (с использованием букв русского алфавита). Устанавливаемые стандартом обозначения единиц приведены в табл. 1.1; 1.2; 1.3.

Международные и русские обозначения относительных и логарифмических единиц следующие: процент (%), промилле (‰), миллионная доля, бел (В, Б), децибел (дВ, дБ), октава (—, окт), декада (—, дек), фон (фон, фон).

К обозначениям единиц и к их наименованиям нельзя добавлять буквы (слова), указывающие на физическую величину или на объект, например п. м. или нм (погонный метр), укм (условный квадратный метр), экм (эквивалентный квадратный метр), нм<sup>3</sup> или Нм<sup>3</sup> (нормальный кубический метр), % весовой (весовой процент), % объемный (объемный процент). Во всех таких случаях определяющие слова следует присоединять к наименованию величины, а единицу обозначать в соответствии со стандартом. Например, эквивалентная площадь 20 м<sup>2</sup>, объем газа (приведенный к нормальным условиям) 100 м<sup>3</sup>, массовая доля 15 %, объемная доля 4 % и т. д. Сказанное выше относится и к международным обозначениям единиц.

Не следует обозначения единиц называть размерностями. Под размерностями производных величин следует понимать произведения степеней размерностей основных величин.

В отличие от предшествующих советских стандартов на единицы буквенные обозначения единиц должны печататься прямым шрифтом, что позволяет легко отличать их от обозначений физических величин, которые по международным соглашениям всегда печатаются наклонным шрифтом (курсивом). В обозначениях единиц точка как знак сокращения не ставится.

Обозначения единиц следует применять после числовых значений величин и помещать в строку с ними (без переноса на следующую строку). Между последней цифрой числа и обозначением единицы следует оставлять пробел.

Правильно:

100 kW; 100 кВт

80 %

20 °C

Неправильно:

100kW; 100кВт

80%

20° C; 20°C

Исключения составляют обозначения в виде знака, поднятого над строкой, перед которыми пробела не оставляют.

Правильно:

20°

Неправильно:

20°

При наличии десятичной дроби в числовом значении величины обозначение единицы следует помещать после всех цифр.

Правильно:

423,06 м; 423,06 м  
5,758° или 5° 45,48',  
или 5° 45' 28,8"

Неправильно:

423 м, 0,6; 423 м, 06  
5°, 758 или 5° 45', 48,  
или 5° 45' 28", 8



При указании значений величин с предельными отклонениями числовые значения с предельными отклонениями следует заключать в скобки, а обозначения единицы помещать после скобок или проставлять обозначения единиц после числового значения величины и после ее предельного отклонения.

Правильно:  
(100,0 ± 0,1) kg  
50 g ± 1 g

Неправильно:  
100,0 ± 0,1 kg  
50 ± 1 g

К сказанному выше следует добавить: когда в тексте приводят ряд (группу) числовых значений, выраженных одной и той же единицей физической величины, эту единицу указывают только после последней цифры, например: 5,9; 8,5; 10,0; 12,0 mm; 10×10×10 mm; 20; 50; 100 kg.

При указании интервала числовых значений физической величины ее единицу указывают только после последней цифры, например от 0,5 до 2,0 mm, но предельные отклонения следует писать: (25 ± 2) °C или 25 °C ± 2 °C, как это установлено стандартом [2].

Допускается применять обозначения единиц в пояснениях обозначений величин к формулам. Помещение обозначений единиц в одной строке с формулами, выражающими зависимости между величинами или между их числовыми значениями, представленными в буквенной форме, не допускается.

Правильно:  
 $v = 3,6s/t,$

где  $v$  — скорость, km/h;  $s$  — путь, m;  
 $t$  — время, s.

Неправильно:  
 $v = 3,6s/t$  km/h,  
где  $s$  — путь, m;  
 $t$  — время, s.

Допускается буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделять пробелами, если это не приводит к недоразумению. В буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления должна применяться только одна косая или горизонтальная черта. Допускается применять обозначения единиц в виде произведения обозначений единиц, возведенных в степени (положительные и отрицательные)<sup>1</sup>.

При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе следует помещать в строку, произведение обозначений единиц в знаменателе следует заключать в скобки: m/s, м/с; W/(m·K), Вт/(м·К).

При указании производной единицы, состоящей из двух и более единиц, не допускается комбинировать буквенные обозначения и наименования единиц, т. е. для одних единиц приводить обозначения, а для других — наименования.

Правильно:  
80 км/ч  
80 километров в час

Неправильно:  
80 км/час  
80 км в час

Примечание. Допускается применять сочетания специальных знаков ...°, ...', ...'', % и ‰ с буквенными обозначениями единиц, например ...°/s и т. д.

## 1.6. Правила написания наименований единиц

При применении единиц физических величин следует руководствоваться следующими правилами склонения и образования наименований производных единиц.

1. В наименованиях единиц площади и объема применяются прилагательные «квадратный» и «кубический», например квадратный метр, кубический миллиметр.

<sup>1</sup> Если для одной из единиц, входящих в отношение, установлено обозначение в виде отрицательной степени (например, s<sup>-1</sup>, m<sup>-1</sup>, K<sup>-1</sup>; с<sup>-1</sup>, м<sup>-1</sup>, К<sup>-1</sup>), применять косую или горизонтальную черту не допускается.

Эти же прилагательные применяются в случаях, когда единица площади или объема входит в производную единицу другой величины, например кубический метр в секунду (единица объемного расхода), кулон на квадратный метр (единица электрического смещения).

Если же вторая или третья степень длины не представляют собой площади или объема, то в наименовании единицы вместо слов «квадратный» или «кубический» должны применяться выражения «в квадрате» или «во второй степени», «в кубе» или «в третьей степени». Например, килограмм-метр в квадрате в секунду (единица момента количества движения); килограмм-метр в квадрате (единица динамического момента инерции); метр в третьей степени (единица момента сопротивления плоской фигуры).

2. Наименования единиц, помещаемых в знаменателе, пишутся с предлогом «на» по аналогии с наименованием единиц: ускорения — метр на секунду в квадрате, кинетической вязкости — квадратный метр на секунду, напряженности электрического поля — вольт на метр. Исключение составляют единицы величин, зависящих от времени в первой степени и характеризующих скорость протекания процесса; в этих случаях наименование единицы времени, помещаемой в знаменателе, пишется с предлогом «в», по аналогии с наименованиями единиц: скорости — метр в секунду, угловой скорости — радиан в секунду.

3. Наименования единиц, образующих произведения, при написании соединяются дефисом (короткой черточкой, до и после которой не оставляется пробел), по аналогии с наименованиями единиц: ньютон-метр, ампер-квадратный метр, секунда в минус первой степени-метр в минус второй степени.

4. При склонении наименований производных единиц, образованных как произведения единиц, изменяется только последнее наименование и относящееся к нему прилагательное «квадратный» или «кубический», например: момент силы равен пяти ньютон-метрам, магнитный момент равен трем ампер-квадратным метрам.

5. При склонении наименований единиц, содержащих знаменатель, изменяется только числитель по правилу, установленному в п. 4 для произведений единиц, например ускорение, равное пяти метрам на секунду в квадрате; удельная теплоемкость, равная четырем десятым джоуля на килограмм-кельвин.

## 1.7. Рекомендации по применению наименований физических величин

Наименование физической величины должно точно и однозначно отражать сущность отображаемого им свойства объекта или параметра явления или процесса. Как правило, для каждой физической величины следует принять одно наименование (термин).

Для величин, не включенных в стандарт и в методические указания к нему, следует использовать наименования, принятые в терминологических стандартах или рекомендациях Комитета научно-технической терминологии АН СССР.

1. Не следует в определениях величин допускать упоминание единиц физических величин, так как физический смысл величин не должен зависеть от выбора единиц. Приведем примеры.

Правильно: плотность — величина, определяемая отношением массы вещества к занимаемому им объему. Неправильно: плотность — величина, определяемая массой единицы объема.

2. Указание на условия измерений должно входить в наименование самой величины, а не в наименование и обозначение единицы. Например: объем, приведенный к нормальным условиям.

3. Для удельных величин, представляющих собой отношение величины к массе, к мощности и др., следует применять прилагательное «удельный», например удельная теплоемкость, удельная энтальпия.

4. Не следует отождествлять существенно разные понятия «плотность» и «удельный вес». Последний определяется отношением веса, т. е. силы тяжести, к объему и, следовательно, зависит от ускорения свободного падения. Удельный вес может быть выражен как произведение плотности на ускорение свободного падения.

5. Термин «объем» обычно применяют для характеристики пространства, занимаемого телом или веществом. Под вместимостью понимают объем внутреннего пространства сосуда или аппарата. Под объемом сосуда, аппарата понимают объем пространства, ограниченного внешней поверхностью сосуда, аппарата. Например, правильно сказать: в сосуде вместимостью  $7,5 \text{ м}^3$  находится жидкость объемом  $5 \text{ м}^3$ . Применение термина «емкость» для характеристики внутреннего пространства сосудов и аппаратов не следует рекомендовать.

6. Термины «число оборотов», «число оборотов в минуту», «число оборотов в секунду» вообще применять не следует.

Для величины, характеризующей скорость изменения угла во времени (причем все положения тела во времени равноценны с точки зрения его использования) следует применять термин «угловая скорость». Если же имеется в виду скорость изменения числа циклов вращения во времени, которые не подразделяются на части, то нужно применять термин «частота вращения».

Например, при определении крутящего момента на валу вентилятора по передаваемой мощности речь идет об угловой скорости, а при вычислении индикаторной мощности поршневого компрессора по среднему индикаторному давлению — о частоте вращения, поскольку среднее индикаторное давление представляет собой отношение работы за один цикл к площади поршня компрессора и к длине хода.

Единицей СИ частоты вращения является секунда в минус первой степени ( $\text{s}^{-1}$ ).

7. Отношение массы какого-либо компонента, содержащегося в веществе, к общему объему этого вещества следует называть массовой концентрацией компонента.

### 1.8. Перевод значений величин в единицы СИ

В табл. 1.5 приведены соотношения замененных внесистемных и других единиц, применявшихся до 1 января 1980 г., с единицами СИ (в таблице даны только международные обозначения единиц СИ).

Во многих расчетных формулах при переходе на единицы СИ изменяются числовые коэффициенты. При этом различают две группы формул:

- 1) представляющих собой уравнения связи между величинами;
- 2) являющихся уравнениями связи между числовыми значениями физических величин.

Во вторую группу входят и все эмпирические уравнения.

При расчетах рекомендуется использовать формулы первой группы. При переходе на единицы СИ они не изменяют своего вида, поскольку величины в этих формулах не зависят от единиц, в которых их выражают. При подстановке в такие формулы числовых значений величин, выраженных в единицах СИ, результат будет получаться также в единицах СИ.

Методика пересчета коэффициентов в формулах при переходе к единицам СИ приведена в работах [4, 7].

Изъятие единицы силы и веса — килограмм-силы (kgf, кгс) — будет способствовать ликвидации существующего смешения понятий массы и веса. Масса будет выражаться в килограммах (граммах, мегаграммах, миллиграммах и т. д.), а вес, как и любая другая сила — в ньютонах (килоньютонах, миллиньютонах и т. д.).

Понятие массы следует использовать во всех случаях, когда имеется в виду свойство тела или вещества, характеризующее их инерционность и способность создавать гравитационное поле, понятие веса — в случаях, когда имеется в виду сила, возникающая вследствие взаимодействия с гравитационным полем. Масса  $m$  не зависит от ускорения свободного падения  $g$ , вес пропорционален этому ускорению (равен  $mg$ ).

В стандартах, спецификациях и на чертежах должна указываться масса изделий (ГОСТ 1.5—68 и ГОСТ 2.108—68), вес должен указываться лишь в случаях, когда речь идет о силе воздействия изделия на основание под действием земного притяжения.

Для удобства перевода в единицы СИ значений наиболее употребительных в машиностроении величин приведены табл. 1.6—1.15.

Таблица 1.5. Соотношения замененных единиц с единицами СИ

Величина	Замененная единица		Соотношения с единицей СИ
	наименование	обозначение	
Длина	ангстрем	Å	$10^{-10} \text{ м}$
Время	минута	мин	60 s
	час	ч	3 600 s
	сутки	сут	86 400 s
Плоский угол	градус	...°	$(\pi/180) \text{ rad} = 1,745329 \cdot 10^{-2} \text{ rad}$
	минута	...'	$(\pi/10\ 800) \text{ rad} = 2,908882 \dots \cdot 10^{-4} \text{ rad}$
	секунда	..."	$(\pi/648\ 000) \text{ rad} = 4,848137 \dots \cdot 10^{-6} \text{ rad}$
	прямой угол	└	1,570796 rad
	оборот (полный угол)	об	6,283185 rad
	град (или гон)	град	0,0157 rad
Телесный угол	квадратный градус	□°	$3,0462 \dots \cdot 10^{-4} \text{ sr}$
Масса	карат	кар	$2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$
Объем, вместимость	литр	л	$10^{-3} \text{ м}^3$
Частота вращения	оборот в секунду	об/с	$1 \text{ с}^{-1}$
	оборот в минуту	об/мин	$1/60 \text{ с}^{-1} = 0,016 (6) \text{ с}^{-1}$
Угловая скорость	градус в секунду	...°/с	0,01745329 rad/s
	оборот в секунду	об/с	6,283185 rad/s
	оборот в минуту	об/мин	0,1047197 rad/s
Массовый расход	килограмм в минуту	кг/мин	$16,60 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$
	килограмм в час	кг/ч	$277,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}$
Объемный расход	литр в секунду	л/с	$10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$

Величина	Замененная единица		Соотношения с единицей СИ
	наименование	обозначение	
Давление	техническая атмосфера	ат	98 066,5 Па (точно)
	килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см <sup>2</sup>	
	физическая атмосфера	атм	
Напряжение (механическое) нормальное и касательное	килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм <sup>2</sup>	9,80665 · 10 <sup>6</sup> Па (точно)
	киловатт-час	кВт·ч	3,6 · 10 <sup>6</sup> J 3600 J
	ватт-час	Вт·ч	
Мощность	лошадиная сила	л. с.	735,499 W
	Количество электричества	ампер-час	А·ч
Динамическая вязкость	пуаз	П	0,1 Па·с
Кинематическая вязкость	стокс	Ст	10 <sup>-4</sup> м <sup>2</sup> /с
Удельное электрическое сопротивление	ом-квадратный миллиметр на метр	Ом·мм <sup>2</sup> /м	10 <sup>-6</sup> Ω·м
Магнитный поток	максвелл	Мкс	10 <sup>-8</sup> Wb
Магнитная индукция	гаусс	Гс	10 <sup>-4</sup> Т
Магнитодвижущая сила, разность магнитных потенциалов	гильберт	Гб	(10/4π) А = 0,795775...А
Напряженность магнитного поля	эрстед	Э	(10 <sup>3</sup> /4π) А/м = 79,5775 ... А/м

Таблица 1.6. Соотношение между единицами давления и напряжения

Единица	Па	бар	мм вод. ст.	мм рт. ст.	кгс/см <sup>2</sup>
паскаль	1	10 <sup>-5</sup>	0,102	7,5024 · 10 <sup>-3</sup>	1,02 · 10 <sup>-5</sup>
бар	10 <sup>5</sup>	1	1,02 · 10 <sup>4</sup>	7,5024 · 10 <sup>2</sup>	1,02
миллиметр водяного столба	9,8067	9,8067 · 10 <sup>-5</sup>	1	7,35 · 10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>
миллиметр ртутного столба	1,33 · 10 <sup>2</sup>	1,33 · 10 <sup>-3</sup>	13,6	1	1,36 · 10 <sup>-3</sup>
килограмм-сила на квадратный сантиметр	9,8067 · 10 <sup>4</sup>	0,98067	10 <sup>4</sup>	7,35 · 10 <sup>2</sup>	1

Таблица 1.7. Перевод значений давления из килограмм-сил на квадратный сантиметр в паскали

1 кгс/см<sup>2</sup> = 98 066,5 Па (точно)

кгс/см <sup>2</sup>	кгс/см <sup>2</sup>									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,9806	1,9613	2,9420	3,9226	4,9033	5,8839	6,8646	7,8453	8,8259	
10	9,8066	10,7873	11,7680	12,7486	13,7293	14,7100	15,6906	16,6713	17,6520	18,6326
20	19,6133	20,5940	21,5746	22,5553	23,5360	24,5166	25,4973	26,4780	27,4586	28,4393
30	29,4200	30,4006	31,3813	32,3619	33,3426	34,3233	35,3039	36,2846	37,2653	38,2459
40	39,2266	40,2073	41,1879	42,1686	43,1493	44,1299	45,1106	46,0913	47,0719	48,0526
50	49,0332	50,0139	50,9946	51,9752	52,9559	53,9366	54,9172	55,8979	56,8786	57,8592
60	58,8399	59,8206	60,8012	61,7819	62,7626	63,7432	64,7239	65,7046	66,6852	67,6659
70	68,6466	69,6272	70,6079	71,5885	72,5692	73,5499	74,5305	75,5112	76,4919	77,4725
80	78,4532	79,4339	80,4145	81,3952	82,3759	83,3565	84,3372	85,3179	86,2985	87,2792
90	88,2598	89,2405	90,2212	91,2018	92,1825	93,1632	94,1438	95,1245	96,1052	97,0858

Для получения давления в Па числа, помещенные в таблице, следует умножить на 10<sup>6</sup>

Т а б л и ц а 1.8. Соотношение между единицами энергии и количества теплоты

Единица	Дж	кгс·м	кал	ккал	кВт·ч
джоуль	1	0,102	0,239	$2,39 \cdot 10^{-4}$	$2,78 \cdot 10^{-7}$
килограмм-сила-метр	9,8067	1	2,343	$2,343 \cdot 10^{-3}$	$2,72 \cdot 10^{-6}$
калория	4,1868	0,42686	1	$10^{-3}$	$1,16 \cdot 10^{-6}$
килокалория	$4,1868 \cdot 10^3$	$4,2686 \cdot 10^2$	$10^3$	1	$1,16 \cdot 10^{-3}$
киловатт-час	$3,6 \cdot 10^6$	$3,67 \cdot 10^5$	$8,6 \cdot 10^5$	$8,6 \cdot 10^2$	1

Т а б л и ц а 1.9. Перевод значений энергии из киловатт-часов в джоули

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

кВт·ч	кВт·ч									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Для получения энергии в Дж числа, помещенные в таблице, следует умножить на $10^6$									
0	3,6	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6	25,2	28,8	32,4	36,0
10	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6	61,2	64,8	68,4	72,0
20	75,6	79,2	82,8	86,4	90,0	93,6	97,2	100,8	104,4	108,0
30	111,6	115,2	118,8	122,4	126,0	129,6	133,2	136,8	140,4	144,0
40	147,6	151,2	154,8	158,4	162,0	165,6	169,2	172,8	176,4	180,0
50	183,6	187,2	190,8	194,4	198,0	201,6	205,2	208,8	212,4	216,0
60	219,6	223,2	226,8	230,4	234,0	237,6	241,2	244,8	248,4	252,0
70	255,6	259,2	262,8	266,4	270,0	273,6	277,2	280,8	284,4	288,0
80	291,6	295,2	298,8	302,4	306,0	309,6	313,2	316,8	320,4	324,0
90	327,6	331,2	334,9	338,4	342,0	345,6	349,2	352,8	356,4	

Т а б л и ц а 1.10. Тепловые единицы, основанные на калории, и их перевод в единицы СИ

Величина	Единица		Перевод в единицы СИ
	наименование	обозначение	
Количество теплоты, термодинамический потенциал (внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия, свободная энтальпия); теплота фазового превращения, теплота химической реакции	калория (межд.)	кал	4,1868 Дж
	килокалория (межд.)	ккал	$4,1868 \cdot 10^3$ Дж
	калория термохимическая	—	4,1840 Дж
Удельное количество теплоты, удельный термодинамический потенциал; удельная теплота фазового превращения, удельная теплота химической реакции	калория на грамм	кал/г	$4,1868 \cdot 10^3$ Дж/кг
	килокалория на килограмм	ккал/кг	$4,1868 \cdot 10^3$ Дж/кг
Удельная объемная теплота, удельный объемный термодинамический потенциал	калория на кубический сантиметр	кал/см <sup>3</sup>	$4,1868 \cdot 10^6$ Дж/м <sup>3</sup>
	килокалория на кубический метр	ккал/м <sup>3</sup>	$4,1868 \cdot 10^3$ Дж/м <sup>3</sup>
Теплоемкость системы	калория на градус Цельсия	кал/°С	4,1868 Дж/К
	килокалория на градус Цельсия	ккал/°С	$4,1868 \cdot 10^3$ Дж/К
Удельная теплоемкость	калория на грамм-градус Цельсия	кал/(г·°С)	$4,1868 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)
	килокалория на килограмм-градус Цельсия	ккал/(кг·°С)	$4,1868 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)
Теплопроводность	калория в секунду на сантиметр-градус Цельсия	кал/(с·см·°С)	$4,1868 \cdot 10^2$ Вт/(м·К)
	килокалория в час на метр-градус Цельсия	ккал/(ч·м·°С)	1,163 Вт/(м·К)



**Т а б л и ц а 1.11. Перевод значений количества теплоты из калорий (международных) в джоули**  
 1 кал (международная) = 4,1868 Дж (точно)

кал	кал									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Дж									
0	4,186	8,373	12,560	16,747	20,9340	25,120	29,307	33,494	37,681	
10	41,8680	50,241	54,428	58,615	62,8020	66,988	71,175	75,362	79,549	
20	83,7360	92,109	96,296	100,483	104,670	108,857	113,044	117,230	121,417	
30	125,604	133,978	138,164	142,351	146,538	150,725	154,912	159,098	163,285	
40	167,472	175,846	180,032	184,219	188,406	192,593	196,780	200,966	205,153	
50	209,340	217,714	221,900	226,087	230,274	234,461	238,648	242,834	247,021	
60	251,208	259,582	263,768	267,955	272,142	276,329	280,516	284,702	288,889	
70	293,076	301,450	305,636	309,823	314,010	318,197	322,384	326,570	330,757	
80	334,944	343,318	347,504	351,691	355,878	360,065	364,252	368,438	372,625	
90	376,812	385,186	389,372	393,559	397,746	401,933	406,120	410,306	414,493	

**Т а б л и ц а 1.12. Соотношение между единицами удельной теплоемкости**

Единица	Дж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кал/(г·°С)
Джоуль на килограмм-кельвин	1	$2,39 \cdot 10^{-4}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$
килокалория на килограмм-градус Цельсия	$4,187 \cdot 10^3$	1	1
калория на грамм-градус Цельсия	$4,187 \cdot 10^3$	1	1

**Т а б л и ц а 1.13. Соотношение между единицами коэффициента теплопередачи**

Единица	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	ккал/(ч·м <sup>2</sup> ·°С)	кал/(с·см <sup>2</sup> ·°С)
ватт на квадратный метр-кельвин	1	0,86	$2,39 \cdot 10^{-5}$
килокалория в час на квадратный метр-градус Цельсия	1,16	1	$2,78 \cdot 10^{-5}$
калория в секунду на квадратный сантиметр-градус Цельсия	4,187	$3,6 \cdot 10^4$	1

**Т а б л и ц а 1.14. Соотношение между единицами объемного расхода**

Единица	м <sup>3</sup> /с	дм <sup>3</sup> /с (л/с)	л/мин	м <sup>3</sup> /ч	л/ч	см <sup>3</sup> /с
кубический метр в секунду	1	10 <sup>3</sup>	$6 \cdot 10^4$	$3,6 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^6$	10 <sup>6</sup>
кубический дециметр в секунду (литр в секунду)	$10^{-3}$	1	60	3,6	$3,6 \cdot 10^3$	10 <sup>3</sup>
литр в минуту	$1,67 \cdot 10^{-5}$	$1,67 \cdot 10^{-2}$	1	$6 \cdot 10^{-2}$	60	16,7
кубический метр в час	$2,78 \cdot 10^{-4}$	0,278	16,7	1	10 <sup>3</sup>	$2,78 \cdot 10^2$
литр в час	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$1,67 \cdot 10^{-2}$	$10^{-8}$	1	0,278
кубический сантиметр в секунду	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	3,6	1

**Т а б л и ц а 1.15. Соотношение между единицами угловой скорости**

Единица	рад/с	об/с	об/мин	.../с
радиан в секунду	1	0,159	9,55	57,3
оборот в секунду	6,28	1	60	$3,6 \cdot 10^2$
оборот в минуту	0,105	$1,677 \cdot 10^{-2}$	1	6
градус в секунду	$1,75 \cdot 10^{-2}$	$2,78 \cdot 10^{-3}$	0,167	1

## Глава 2. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 2.1. Базирование и базы в машиностроении

Терминология в этой области установлена ГОСТ 21495—76.

**Базирование** — придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

**База** — поверхность (или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей), ось, точка, принадлежащая заготовке (изделию) и используемая для базирования.

**Проектная база** — база, выбранная при проектировании изделия, технологического процесса изготовления или ремонта этого изделия.

Все многообразие поверхностей деталей изделий машиностроения сводится к четырем видам:

**исполнительные поверхности** — поверхности, при помощи которых деталь выполняет свое служебное назначение;

**основные базы** — поверхности, при помощи которых определяется положение данной детали в изделии;

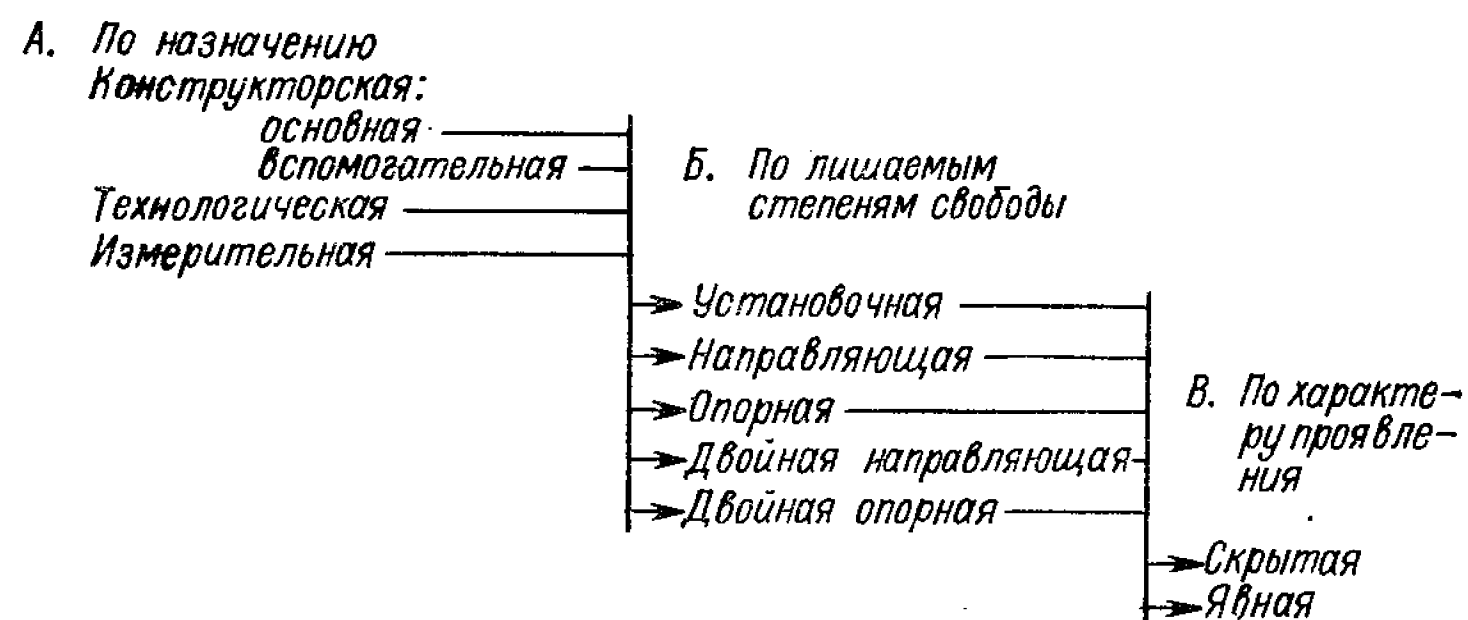


Рис. 2.1. Классификация баз

**вспомогательные базы** — поверхности, при помощи которых определяется положение присоединяемых деталей относительно данной;

**свободные поверхности** — поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей.

Базирование необходимо для всех стадий создания изделия: конструирования, изготовления, измерения, а также при рассмотрении изделия в сборе. Это обстоятельство и положено в основу классификации баз по назначению (рис. 2.1).

Группу конструкторских баз составляют *основные* и *вспомогательные базы*. Такое подразделение обусловлено различной ролью основных и вспомогательных баз при конструировании (выборе конструктивных форм поверхностей деталей, задании их относительного положения, нанесении размеров, разработке норм точности и т. д.), разработке и осуществлении технологических процессов. Независимо от назначения базы могут различаться по отнимаемым от базируемой заготовки, детали или сборочной единицы степеням свободы и по характеру проявления (рис. 2.1). Ниже приведены определения основных терминов.

**Конструкторская база** — база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

**Основная база** — конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии.

**Вспомогательная база** — конструкторская база данной детали или сборочной единицы, используемая для определения положения присоединяемого к ним изделия.

**Технологическая база** — база, используемая для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте.

**Измерительная база** — база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

**Установочная база** — база, используемая для наложения на заготовку (изделие) связей, лишаящих ее трех степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей.

**Направляющая база** — база, используемая для наложения на заготовку (изделие) связей, лишаящих ее двух степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

**Опорная база** — база, используемая для наложения на заготовку (изделие) связей, лишаящих ее одной степени свободы: перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

**Двойная направляющая база** — база, используемая для наложения на заготовку (изделие) связей, лишаящих ее четырех степеней свободы: перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

**Двойная опорная база** — база, используемая для наложения на заготовку (изделие) связей, лишаящих ее двух степеней свободы: перемещений вдоль двух координатных осей.

**Скрытая база** — база в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

**Явная база** — база в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

При образовании терминов баз по нескольким классификационным признакам последние должны располагаться в следующей последовательности: по назначению, по лишаемым степеням свободы, по характеру проявления, например: «Основная установочная явная база», «Технологическая направляющая скрытая база», «Измерительная опорная явная база» и т. д. Термины-синонимы, применявшиеся ранее (например, «сборочная база» вместо «конструкторская база»), стандартом запрещены.

### 2.2. Технологичность конструкций

**Понятие о технологичности конструкции и ее видах.** Качество современного изделия характеризуется большим разнообразием свойств, одним из которых является технологичность.

Для оценки качества продукции всех видов, включая изделия машиностроения, используют в общем случае восемь видов показателей качества (ГОСТ 22851—77). Показатели технологичности образуют один из этих видов наряду с такими, как показатели назначения, надежности, уровня стандартизации и унификации, эстетические, эргономические, патентно-правовые и экономические.

Совокупность показателей всех перечисленных видов можно разделить на две категории: 1) показатели технического характера, отражающие степень пригодности изделия к использованию его по прямому назначению (надежность, эргономика и т. п.); 2) показатели экономического характера, показывающие непосредственно или косвенно уровень материальных, трудовых и финансовых затрат на достижение и реализацию показателей первой категории во всех возможных сферах проявления (создания, производства и эксплуатации) качества изделия. Показатели второй категории, включающие в основном показатели технологичности, характеризуют свойства конструкции, имеющие колоссальное народнохозяйственное значение.

В целях установления единства терминов и определений в области технологичности конструкций разработан ГОСТ 18831—73 и СТ СЭВ 2063—79 [15, 21, 27].

Стандартное определение понятия технологичности конструкций содержит исходный принцип современного научного подхода к проблеме сокращения материальных и трудовых затрат во всех сферах проявления свойств конструкции. *Технологичность* по ГОСТ 18831—73 рассматривается как совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества в принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта.

Задача разработчиков конструкции изделия состоит в том, чтобы постоянно совершенствовать методы исследования взаимосвязи конструкции изделия с технологией ее изготовления, ориентироваться на технологию, обеспечивающую установленные показатели качества.

Под *отработкой конструкции изделия на технологичность* понимается комплекс мероприятий по обеспечению необходимого уровня технологичности конструкции

изделия по установленным показателям (ГОСТ 18831—73). Основной задачей обработки конструкции изделия на технологичность является придание изделию такого комплекса свойств, который обеспечивает необходимое качество изделия при оптимальных затратах труда, средств, материалов и времени на технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт в конкретных условиях производства и эксплуатации. Для решения этой задачи необходимо рассматривать каждое изделие как объект проектирования, производства и эксплуатации. Как объект проектирования изделие проходит ряд стадий по ГОСТ 2.103—68\*, которые следует учитывать при обработке конструкции на технологичность.

Как объект производства изделие рассматривается с позиций технологической подготовки производства, методов получения заготовок, обработки, сборки, испытания и контроля.

Как объект эксплуатации изделие анализируется по соответствию эксплуатационных параметров техническому заданию; удобству и сокращению трудоемкости подготовки изделия к функционированию и контролю его работоспособности; удобству и сокращению трудоемкости профилактических и ремонтных работ, требуемых для повышения срока службы и восстановления работоспособности изделия.

*Технологичной конструкцией* называется конструкция изделия, значения показателей технологичности которой соответствуют базовым показателям технологичности, т. е. показателям, принятым за исходные при сравнительной оценке технологичности конструкции изделия [21].

*Технологичность* конструкции изделия — понятие относительное. Технологичность конструкции одного и того же изделия будет разной для различных типов производства. Изделие, достаточно технологичное в единичном производстве, может быть малотехнологичным в массовом производстве и совершенно нетехнологичным в поточно-автоматизированном производстве. Технологичность конструкции одного и того же изделия будет разной для заводов с различными производственными возможностями. Если в единичном производстве используют станки с программным управлением или другое переналаживаемое автоматическое оборудование, то характеристика технологичности конструкций выпускаемых изделий для этих условий может измениться по сравнению с условиями единичного производства, оснащенного универсальным оборудованием. Развитие производственной техники изменяет уровень технологичности конструкции. Ранее нетехнологичные конструкции могут стать вполне технологичными при новых методах обработки.

*Технологичность* конструкции изделий — понятие комплексное. Технологичность конструкции нельзя рассматривать изолированно, без взаимной связи и учета условий выполнения заготовительных процессов, процессов обработки, сборки и контроля. Отработанная на технологичность конструкция заготовки не должна усложнять последующую механическую обработку. В то же время отработку на технологичность конструкции заготовки следует производить с учетом выполнения заготовительных процессов и сборки, стремясь получить наименьшую трудоемкость и наименьшую себестоимость изготовления машины в целом.

В соответствии с характером и возможными областями проявления свойств, составляющих технологичность конструкции изделия, следует различать виды и разновидности технологичности, приведенные на рис. 2.2.

По области проявления свойств технологичности конструкции изделия различают два вида технологичности (рис. 2.2): производственную; эксплуатационную.

*Производственная* технологичность проявляется в сокращении затрат средств и времени на конструкторскую подготовку производства (КПП); технологическую подготовку производства (ТПП); изготовление изделия, в том числе контроль.

*Эксплуатационная* технологичность проявляется в сокращении затрат средств и времени на техническое обслуживание и ремонт изделия.

Производственная технологичность решается в процессе конструирования, технологических разработок и изготовления изделия, а эксплуатационная — в процессе конструирования.

По характеризующим свойствам различают также два вида (рис. 2.2): 1) технологическую рациональность конструкции; 2) конструктивно-технологическую преемственность.

*Технологическая рациональность* конструкции характеризует возможность изготовления и эксплуатации данного изделия или группы его исполнений при использовании имеющихся в распоряжении общества материальных и трудовых ресурсов.

*Конструктивно-технологическая преемственность*, так же как и технологическая рациональность, рассматривается в виде совокупности свойств, образующих технологичность конструкции изделия, однако при этом технологичность рассматривается под иным углом зрения, как бы в ином ракурсе, чем с позиций исследования технологической рациональности конструкции изделия. Прежде всего следует подчеркнуть, что преемственность как философская категория носит абсолютный, всеобщий характер. Преемственность в самом общем смысле определяется как объективная необходимая связь между новым и старым в процессе развития. Это положение, характеризующее одну из закономерностей развития материального мира, относится и к таким формам общественного развития, как наука, техника и производство. Известно, например, что при конструировании новых изделий машиностроения и приборостроения до 80 % конструктивных решений переходит от изделия к изделию. Этому

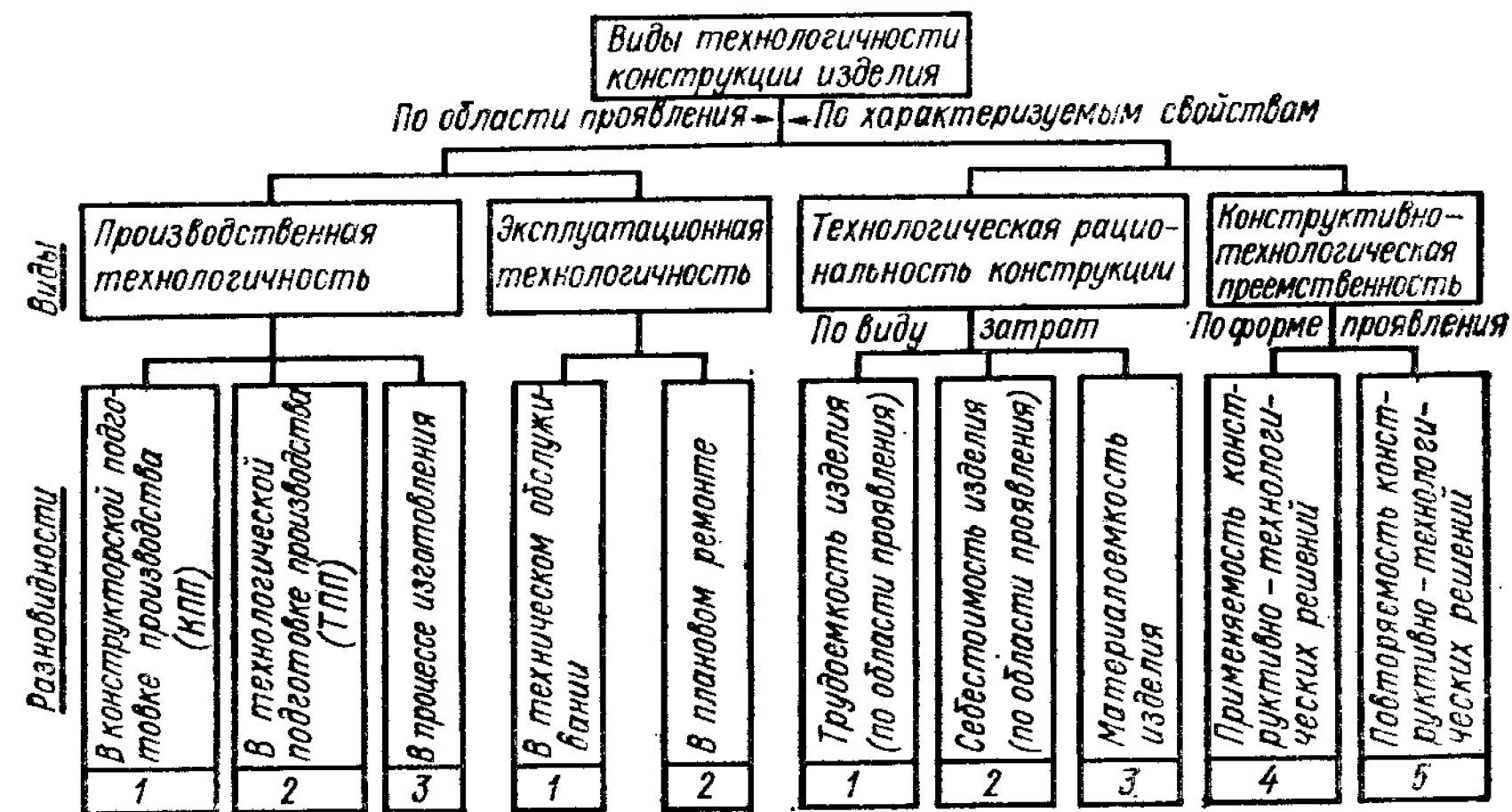


Рис. 2.2. Классификация видов и разновидностей технологичности конструкции изделия

в значительной мере способствуют унификация и стандартизация многих узлов, деталей и конструктивных элементов общемашиностроительного и отраслевого применения.

Преемственность становится одним из главных принципов наиболее целесообразной подготовки производства, использование которого позволяет наилучшим образом организовать процесс конструкторского и технологического проектирования, максимально использовать все лучшее, что создано ранее в процессе научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических разработок, освоено в производственных условиях и всесторонне проверено в эксплуатации.

**Обеспечение технологичности конструкций изделий на основе ЕСТПП.** В комплексе стандартов ЕСТПП выделена специальная группа стандартов (Группа 2. «Правила обеспечения технологичности конструкций объектов производства»), в которой выполнен комплекс принципиально новых разработок, образующих в совокупности единые организационно-методические основы обеспечения технологичности конструкций изделий. К ним относятся: порядок и правила отработки конструкций на технологичность в зависимости от видов изделий и стадий разработки [13, 14]; система показателей и правила выбора показателей технологичности [12]. В то же время одной из составных частей работ по обеспечению технологичности конструкций является технологический контроль конструкторской документации, порядок проведения которого установлен ГОСТ 2.121—73. Внедрение технологического контроля в практику работы связано с рядом особенностей. Главная из них состоит в определяющей роли технологии машиностроения при создании технологичных конструкций, которая заключается в подчинении конструктивных решений требованиям рациональных технологических процессов изготовления и сборки, а также в совпадении основ-



ной цели технологического проектирования — обеспечения минимума производственных затрат — с одной из основных задач конструирования — обеспечением экономичности конструкций. Исходя из этого, *основным принципом*, регламентированным ГОСТ 14.201—83, является то, что отныне центр тяжести отработки конструкции изделия на технологичность смещается в зону *стадии разработки проектной конструкторской документации*. Оработка на технологичность должна являться неотъемлемой составной частью проектирования конструкции.

Сложности, возникающие при разработке конструкции и технологии, затрудняют возможность сочетания в одном лице достаточно компетентного специалиста и в области конструирования, и в области технологии. Отсюда, *вторым принципиаль-*

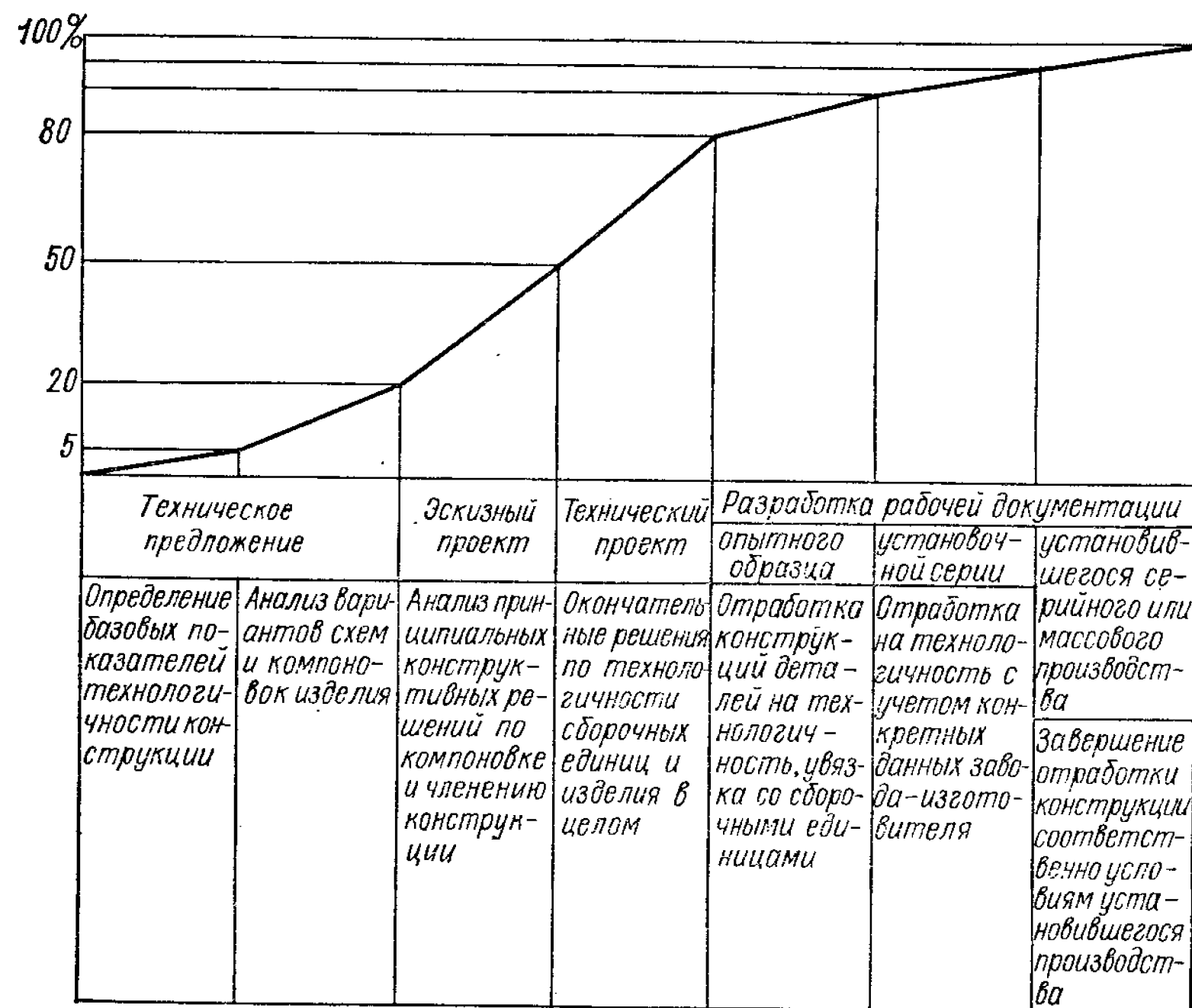


Рис. 2.3. Оработка конструкции изделия за технологичность по стадиям проектирования

ном положением ГОСТ 14.201—83 является то, что исполнителями при отработке технологичности изделия должны являться разработчики конструкторской документации и разработчики технологической документации.

Для того чтобы технологичность изделия можно было планировать, а в процессе разработки конструкции — управлять формированием технологичности, *следующим принципиальным положением*, установленным указанным стандартом, является введение количественной оценки технологичности, которая основывается на системе показателей, включающей: базовые показатели технологичности, устанавливаемые в техническом задании на проектирование изделия; показатели технологичности, достигнутые при разработке конструкции; уровень технологичности (отношение достигнутых показателей к базовым).

Оработка технологичности конструкции всего изделия, составных сборочных единиц, деталей и их элементов ведется на всех стадиях проектирования изделия. Основные работы, проводимые на каждой стадии проектирования, изложены в нескольких стандартах. Распределение их по этапам в самом общем виде показано на рис. 2.3.

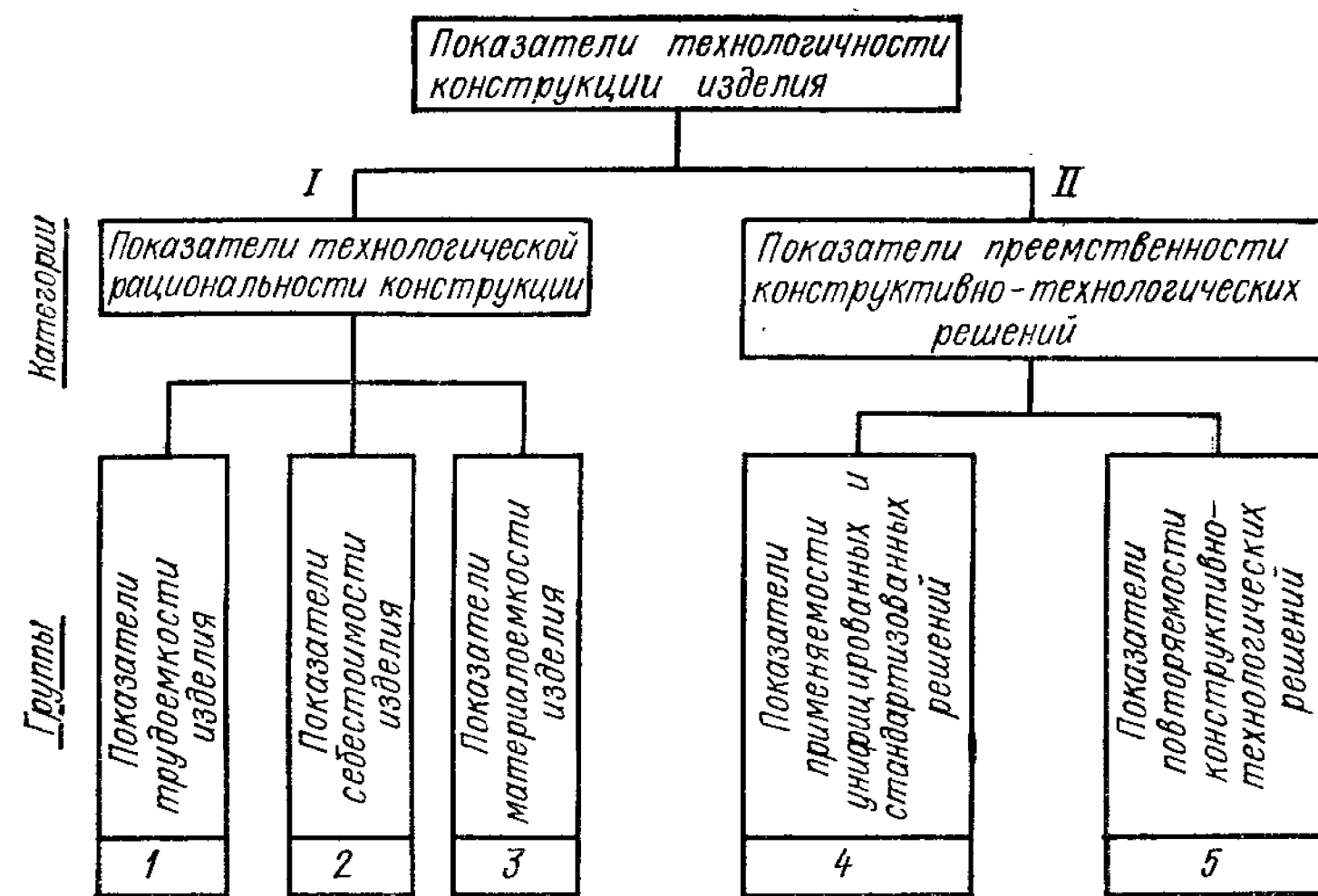


Рис. 2.4. Классификация показателей технологичности конструкции изделий по характеризующим свойствам

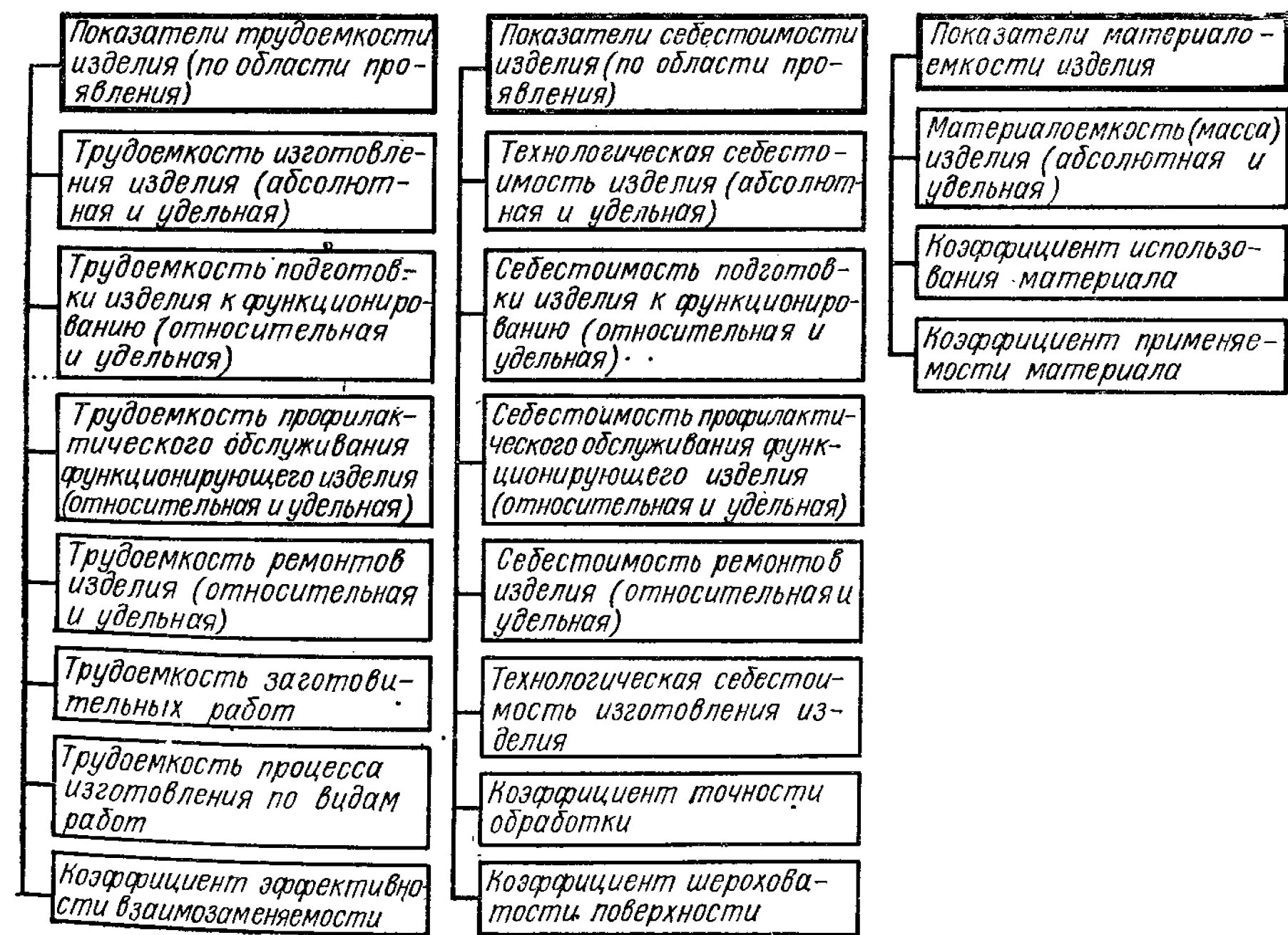


Рис. 2.5. Виды показателей технологичности I категории



**Показатели технологичности конструкций.** Все многообразие известных показателей технологичности конструкций изделий машиностроения и приборостроения может быть сведено к пяти группам показателей (рис. 2.4), соответствующим разновидностям технологичности по характеризующим свойствам (см. рис. 2.2).

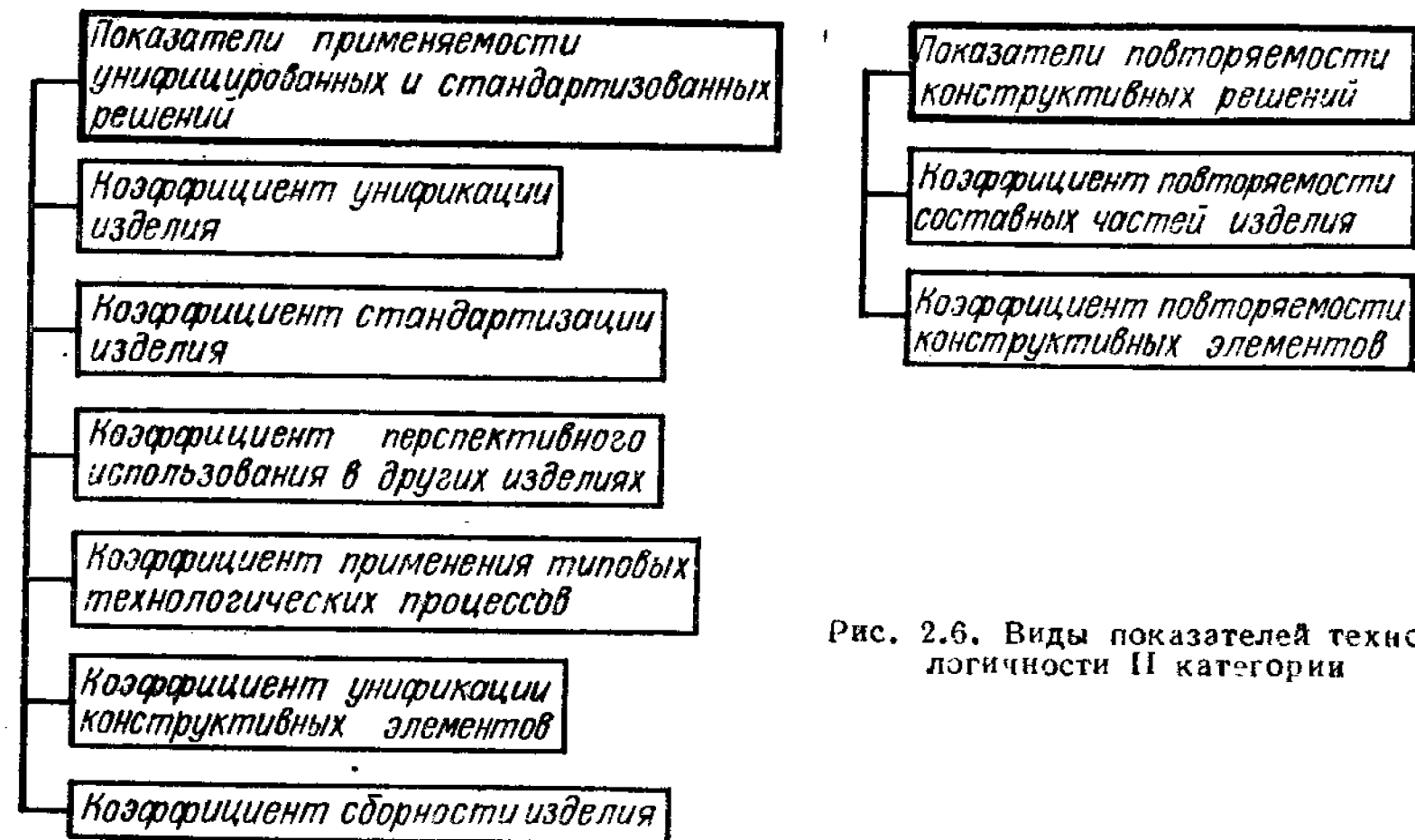


Рис. 2.6. Виды показателей технологичности II категории

Состав и структура показателей технологичности конструкций, рекомендованных для изделий машиностроения и приборостроения государственными стандартами ЕСТПП, приведены на рис. 2.5 и 2.6.

### 2.3. Разработка и постановка продукции на производство

Общий порядок разработки, согласования и утверждения технических заданий, проведения экспертизы технической документации, испытаний опытных образцов (опытных партий), выдачи разрешений для постановки на производство новой и модернизированной продукции (изделия, вещества, материалы и т. п.), а также проведения контрольных испытаний серийной, массовой продукции и продукции единичного производства установлены ГОСТ 15.000—82 и ГОСТ 15.001—73\* [16]. Продукция, подлежащая разработке и постановке на производство, по техническому уровню и качеству должна соответствовать требованиям высшей категории качества к моменту освоения ее производства.

Порядок постановки на производство продукции, ранее освоенной на других предприятиях (при дублировании производства этой продукции или полной передаче его новому предприятию изготовителю, а также при изготовлении составных частей продукции в порядке кооперации), установлен ГОСТ 15.302—81.

ГОСТ 15.801—80 устанавливает общий порядок снятия с производства устаревшей и другой продукции, выпуск которой следует прекратить, требования к сохранению подлинников ее технической документации, технологического оснащения и обеспечения изготовления запасных частей, инструмента, принадлежностей и материалов (ЗИП) для эксплуатации снятой с производства продукции, а также требования к информации о снимаемой с производства продукции.

Техническое задание на новую продукцию разрабатывают на основе исходных требований заказчика—заявки, а также на основе результатов выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ, научного прогнозирования, анализа передовых достижений и технического уровня отечественной и зарубежной техники, изучения патентной документации, а на продукцию, предназначенную для экспорта,— с учетом требований внешнего рынка. Техническое задание не должно ограничивать инициативу разработчика при поиске и выборе им оптимального решения поставленной задачи.

При проведении экспертизы технической документации проверяют:

- 1) соответствие показателей технического уровня и качества продукции, установленных в документации, требованиям технического задания и технико-экономическое обоснование принятых показателей качества продукции; рациональное использование материалов, топлива, энергии с учетом удельной материалоемкости и энергоемкости;
- 2) комплектность документации;
- 3) внедрение и соблюдение стандартов, распространяющихся на данный вид продукции, соблюдение перечней, регламентирующих применение составных частей, материалов, покрытий и пр.;
- 4) возможность сокращения номенклатуры и типоразмеров составных частей, а также дальнейшей унификации исполнений продукции, сокращение в изделиях применяемых сортаментов и марок материалов и т. п.;
- 5) выполнение установленных требований в части уровня унификации и стандартизации, а также метрологического обеспечения;
- 6) соответствие продукции требованиям безопасности, санитарно-гигиеническим нормам и другим требованиям (эргономическим, эстетическим и т. п.);
- 7) использование в разрабатываемой продукции изобретений согласно требованиям технического задания.

Авторский надзор при освоении и производстве новой и модернизированной продукции проводит организация (предприятие) разработчик [18]. Целью авторского надзора является обеспечение изготовителем реализации технических решений разработчика, предусмотренных технической документацией, и своевременного устранения выявленных недостатков продукции и (или) технологического процесса.

Группа авторского надзора проводит следующие работы: анализ соблюдения изготовителем требований конструкторской, технологической и другой технической документации; анализ дефектов, выявленных при изготовлении и испытаниях продукции (ее составных частей); решение технических вопросов, возникающих при отработке продукции, в частности улучшения конструкции изделия, технологического процесса, снижения расхода сырья, материалов, топлива, энергии, метрологического обеспечения и оперативного внесения изменений в техническую документацию.

Для оценки технического уровня и качества промышленной продукции разработан и впервые введен РД 50-149—79 «Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции» (М., Изд-во стандартов, 1979).

Экспертиза проектов по заданному уровню унификации проводится по ГОСТ 23945.3—80, а метрологическая экспертиза — по ГОСТ 8.103—73.

### 2.4. Защита изделий и материалов от коррозии, старения и биоповреждений

С целью сохранения заданного уровня качества изделий и материалов средствами и методами защиты от коррозии, старения и биоповреждений с учетом требований обороны страны и конкурентной способности изделий на мировом рынке разработана и введена в СССР Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Она взаимосвязана с ЕСТПП, ЕСКД и другими общетехническими системами. Термины по коррозии металлов установлены ГОСТ 5272—68\*.

Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Классификация, условные обозначения. Термины и определения в области металлических и неметаллических покрытий установлены ГОСТ 9.008—82 [8].

Покрытия разделяют на виды в зависимости от совокупности следующих составляющих: 1) способа получения покрытия; 2) материала покрытия; 3) признаков, характеризующих физико-механические свойства покрытия; 4) признаков, характеризующих декоративные свойства покрытия; 5) вида дополнительной обработки покрытия.

Запись условного обозначения покрытия в технической документации производят в следующем порядке: 1) способ получения (по табл. 2.1); 2) материал покрытия (по табл. 2.2); 3) толщина покрытия (по табл. 2.3); 4) физико-механические свойства покрытия (по табл. 2.4); 5) декоративные свойства покрытия; 6) вид дополнительной обработки (по табл. 2.5.). Запись обозначения покрытия производят в строчку. Все

Т а б л и ц а 2.1. Способы получения покрытий по ГОСТ 9.008—82 и их условные обозначения по ГОСТ 9.073—77\*

Способ	Обозначение	Способ	Обозначение
Анодное окисление металла	Ан *	Конденсационный (вакуумный)	Кон
Горячий	Гор **	Контактный	Конт
Диффузионный	Диф	Металлизация распылением	Мет
Катодное восстановление металла	—	Химический	Хим ***
Катодное распыление	Кат-рас		

Примечание. ГОСТ 9.008—82 помимо приведенных в табл. 2.1 устанавливает способы: детонационный, газотермический, плазменный, плакирования, электрохимический, эмалирования.

\* Способ получения покрытий, окрашивающихся в процессе анодного окисления алюминия и его сплавов, обозначают «Аноцвет» по ГОСТ 21484—76.

\*\* Покрытие, получаемое горячим способом из припоев, обозначают: «Гор» с указанием марки припоя.

\*\*\* Химический способ получения окисных покрытий на меди и ее сплавах, коррозионно-стойких сталях, алюминии и его сплавах, а также на углеродистых, низко- и среднелегированных сталях из кислых растворов обозначают Хим. Пас.

Т а б л и ц а 2.2. Условные обозначения материалов покрытий по ГОСТ 9.073—77\*

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Алюминий	А	Медь	М	Титан	Ти
Вольфрам	В	Молибден	Мо	Хром	Х
Железо	Ж	Никель	Н	Цинк	Ц
Кадмий	Кд	Олово	О	Кадмий—титан	Кд—Ти
Кобальт	Ко	Свинец	С		
Марганец	Мц	Сурьма	Су		

Примечания: 1. В табл. 2.2 приведены металлические покрытия. 2. Материал неметаллических неорганических покрытий обозначают сокращенным наименованием: окисное — «Окс», фосфатное — «Фос». 3. В обозначении материала композиционного покрытия указывают металл покрытия по табл. 2.2, а в скобках символ химического соединения, используемого в качестве осаждаемого вещества. Например, никель с оксидом алюминия — Н (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), хром с оксидом кремния — Х (SiO<sub>2</sub>). 4. При необходимости в обозначении материала покрытия указывают вид электролита (по ГОСТ 9.073—77\*), из которого получено покрытие.

Т а б л и ц а 2.3. Ряды толщин покрытий по ГОСТ 9.073—77\*

№ пп.	Металл покрытия	Способ получения покрытия	Ряды толщин покрытий, мкм
1	Цинк, медь, никель, хром и другие металлы и сплавы	Катодное восстановление, химический	0,25; 0,5; 1; 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 30; 35; 40; 45; 50; 60
2	Алюминий, цинк, медь, хромоникелевые сплавы, сплав олово—свинец	Металлизационный	30; 40; 50; 60; 80; 100; 120; 160; 200; 250; 300

Т а б л и ц а 2.4. Условные обозначения признаков покрытий, характеризующих физико-механические свойства по ГОСТ 9.073—77\*

Покрытие	Обозначение	Покрытие	Обозначение
Микропористое «Молочное» Твердое	пор мол тв	Электроизоляционное Токопроводное	из тп

Т а б л и ц а 2.5. Виды дополнительной обработки покрытия по ГОСТ 9.073—77\*

Вид дополнительной обработки	Условное обозначение	Вид дополнительной обработки	Условное обозначение
Гидрофобизирование	гфж	Пропитка (лаком, клеем, эмульсией и др.)	прп
Наполнение в воде	нв	Пропитка маслом	прм
Нанесение лакокрасочного покрытия	лкп	Тонирование *	—
Нанесение бесцветного лака *	—	Фосфатирование	фос
Окрашивание, в том числе наполнение в растворе красителя *	—	Хроматирование	хр
Оксидирование	окс	Наполнение хроматами	нхр
Оплавление	опл	Термообработка	т
Пассивирование	пас	Специальная обработка для получения требуемых декоративных свойств *	—
		Обезводороживание	Нет

\* Эти виды дополнительной обработки обозначаются по ГОСТ 21484—76.

составляющие обозначения отделяют друг от друга точками, за исключением материала покрытия и толщины, которые друг от друга точками не отделяют. Обозначение способа получения и материала покрытия следует писать с прописной буквы, остальных признаков — со строчной.

Материал покрытия, состоящий из сплава, обозначают символами компонентов, входящих в состав сплава, разделяя их знаком дефиса, а в скобках указывают максимальную массовую долю первого (в случае двухкомпонентного сплава) или первого и второго компонентов в сплаве, отделяя их точкой с запятой (в случае трехкомпонентного сплава). Например, покрытие из сплава медь—цинк с массовой долей меди 50—60 % и цинка 40—50 % обозначают М-Ц (60); покрытие из сплава медь—олово—свинец с массовой долей меди 70—78 %, олова 10—18 %, свинца 4—20 % обозначают М-О-С (78; 18).

Значение минимальной толщины покрытия на рабочей поверхности изделия (детали) указывают в условном обозначении покрытия в соответствии с табл. 2.3. При необходимости в обозначении покрытия допускается указывать минимальную и максимальную толщины через дефис. Для покрытий металлами по п. 1 табл. 2.3 при толщине покрытия до 9 мкм максимальная толщина должна быть не более значения, следующего за установленным минимальным; при толщине покрытия выше 9 мкм — не более, чем через одно числовое значение за установленным минимальным. Например, при минимальной толщине покрытия цинком 9 мкм максимальная толщина должна быть не более 12 мкм, при минимальной толщине 12 мкм максимальная толщина может быть 18 мкм. Для покрытий металлами по п. 2 табл. 2.3 максимальная толщина должна быть не более, чем через одно числовое значение за установленным минимальным. При нормировании расхода металлов покрытий следует руководствоваться указанными пределами.

В обозначении многослойных покрытий, в том числе покрытий, состоящих из слоев одного и того же материала, отличающихся по свойствам, указывают вид покрытия послойно в порядке нанесения, а также толщину каждого слоя. Условные обозначения некоторых многослойных покрытий приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6. Условные обозначения многослойных покрытий по ГОСТ 9.073—77\*

Многослойное покрытие	Условное обозначение	
	сокращенное	полное
Двухслойное никелевое	Нд	Нпб. Нбо *
Двухслойное покрытие никельсил	Нсил	Нбо. Нз
Двухслойное покрытие с наполнителем	Ндз	Нпб. Нз
Трехслойное никелевое	Нт	Нпб. Нс. Нбо
Трехслойное никелевое покрытие с наполнителем	Нтз	Нпб. Нс. Нз
Двухслойное хромовое	—	Хмол. Хтв

**Примечание.** Для двух- и трехслойного никелевых покрытий допускается применять сокращенные условные обозначения и указывать суммарную толщину покрытия.

\* Нбо — никелевое покрытие, полученное из электролитов с блескообразователем.

Если покрытие подвергается нескольким видам дополнительной обработки, то все они указываются в технологической последовательности, обозначения отделяются точкой. Марку материала, применяемого для дополнительной обработки покрытий, обозначают в соответствии с технической документацией.

Обозначения защитно-декоративных покрытий с заданными декоративными свойствами производятся по ГОСТ 21484—76.

Примеры условных обозначений покрытий приведены в табл. 2.7. Полимерные покрытия обозначают по ГОСТ 9.059—75.

При выборе покрытий по ГОСТ 14623—69 следует учитывать: назначение детали; материал детали; условия эксплуатации; назначение покрытия, свойства покрытия; способ нанесения покрытия; допустимость контактов сопрягаемых металлов; экономическую целесообразность.

**Покрытия лакокрасочные.** Лакокрасочные материалы делят на грунты, шпатлевки, эмали, лаки, нитрокраски, масляные краски, эмульсионные краски.

Процесс окраски состоит из нескольких основных операций: подготовки поверхности, грунтовки, шпатлевки (при наличии шероховатостей, неровностей, трещин, раковин), сушки, нанесения краски (эмали).

Лакокрасочные покрытия по ГОСТ 9.032—74\* классифицируют по материалу покрытия, внешнему виду поверхности покрытия (табл. 2.8) и по условиям эксплуатации (табл. 2.9). Виды и обозначения материалов покрытия — по ГОСТ 9825—73\* [20]. ГОСТ 9.032—74\* кроме блеска предусматривает следующие показатели внешнего вида: включения, шагреня, потеки, риски и штрихи, волнистость, разнотенечность, неоднородность.

Обозначение покрытий состоит из сочетаний слов, букв и цифр и записывается в следующем порядке: 1) лакокрасочный материал по ГОСТ 9825—73\*, цвет указывают, обозначение стандарта на данный материал не указывают; 2) класс покрытия (см. табл. 2.8); 3) условия эксплуатации покрытия: по воздействию климатических факторов — группа условий эксплуатации (см. ГОСТ 9.104—79\*); по воздействию особых сред (см. табл. 2.9).

Таблица 2.7. Примеры условных обозначений неорганических покрытий по ГОСТ 9.073—77\*

Покрытие	Условное обозначение
<i>Способ получения — катодное восстановление</i>	
Цинковое, толщиной 15 мкм, хромированное	Ц15.хр
Цинковое, толщиной 6 мкм, фосфатированное в растворе, содержащем азотнокислый барий, хромированное и пропитанное маслом	Ц6. фос. окс. хр. прм
Хромовое двухслойное: «молочное», толщиной 24 мкм, твердое, толщиной 12 мкм	Х24. мол. Х12. тв
Никелевое блестящее, полученное из обычных электролитов с последующим полированием, толщиной 15 мкм	Н15.б
Двухслойное защитно-декоративное покрытие: хромовое, толщиной 0,25—0,5 мкм по подслою никелевого покрытия толщиной 18 мкм с наполнителем	Ндз18.Х или Нпб. Нз18.Х
Покрытие сплавом олово—свинец, с массовой долей олова 55—60 %, толщиной 3 мкм, оплавленное	О—С (60) З.опл
Цинковое, толщиной 6 мкм с последующей окраской	Ц6/лкп
Кадмиевое, толщиной 3 мкм по подслою никеля толщиной 9 мкм, с последующей термической обработкой для образования диффузионного слоя, хромированное	Н9. КдЗ. т. хр
Цинковое, толщиной 9 мкм, полученное из нецианистого электролита, хромированное	Ц9. нецианистый. хр
<i>Способ получения — химический</i>	
Никелевое, толщиной 9 мкм, гидрофобизированное	Хим. Н9. гфж
Фосфатное, полученное в растворе соли «Мажеф» с пропиткой маслом	Хим. Фос. прм
Окисное с последующим нанесением лакокрасочного покрытия	Хим. Окс/лкп
Окисное, полученное из раствора, содержащего хромовый ангидрид, с последующим нанесением лакокрасочного покрытия	Хим. Окс. хром/лкп
Окисное, полученное из раствора, содержащего станнаты, с последующим нанесением лакокрасочного покрытия	Хим. Окс. стан/лкп
<i>Способ получения — анодное окисление</i>	
Окисное электроизоляционное, пропитанное бесцветным лаком	Ан. Окс. из/лкп
Окисное твердое, толщиной 30 мкм, пропитанное маслом	Ан. Окс 30. тв. прм
Окисное твердое, пропитанное маслом	Ан. Окс. тв. прм
Окисное, наполненное хроматами	Ан. Окс. нхр
Окисное, полученное окрашенным в зеленый цвет в процессе анодного окисления	Аноцвет, зеленый
Окисное, полученное из раствора, содержащего хромовый ангидрид и фториды, с последующим нанесением лакокрасочного покрытия	Ан. Окс. фтор/лкп



Продолжение табл. 2.7

Покрытие	Условное обозначение
<i>Способ получения — горячий</i>	
Оловянное Покрытие припоем ПОС 61	Гор. О Гор. ПОС 61
<i>Способ получения — металлизационный</i>	
Алюминиевое, толщиной 60 мкм	Мет. А60
<i>Комбинация способов получения</i>	
Серебряное, полученное катодным восстановлением, толщиной 9 мкм с подслоем никеля, полученным химическим способом, толщиной 3 мкм и меди толщиной 3 мкм, полученной катодным восстановлением	Хим. НЗ. МЗ. Ср9

Таблица 2.8. Классы покрытий по показателям внешнего вида и нормы блеска по ГОСТ 9.032—74\*

Класс покрытия и его обозначение	Блеск покрытий (%) гладких однотонных			
	высоко-глянцевые	глянцевые	полуглянцевые и полуматовые	глубоко-матовые
Первый — I	Не менее 70	От 59 до 50	—	—
Второй — II Третий — III	Не менее 60 —		От 49 до 20	Не более 3 3
Четвертый — IV Пятый — V Шестой — VI	—	—	От 37 до 20	—

Примечания: 1. ГОСТ 9.032—74 предусматривает также покрытия рисунчатые (молотковые) и рельефные. 2. Нормы блеска для матовых покрытий от 19 до 4 %.

Допускается производить обозначение системы покрытия по ГОСТ 2.310—68 (СТ СЭВ 367—76) в технологической последовательности (шпатлевка, грунтовка, материал покрытия, количество слоев).

Обозначение материала покрытия или системы покрытия, класса покрытия и условий эксплуатации отделяют точками. При воздействии различных условий эксплуатации их обозначения разделяют знаком дефиса.

Приведем примеры обозначения покрытий.

1. Покрытие голубой эмалью ХВ-124 по V классу, эксплуатирующееся под навесом в атмосфере, загрязненной газами химических и других производств, в условиях тропического сухого макроклиматического района:

*Эмаль ХВ-124 голубая V. 7/1—Т2.*

2. Покрытие грунтовкой ФЛ-03к по VI классу, эксплуатирующееся в вентилируемом помещении без искусственно регулируемых климатических условий в условиях умеренного макроклиматического района:

*Грунтовка ФЛ-03к коричневая VI.УХЛ4.*

Таблица 2.9. Классификация лакокрасочных покрытий, стойких в особых средах по ГОСТ 9.032—74\*

Классификация покрытий	Условия эксплуатации по характеру воздействующей среды или виду воздействия	Обозначение условий эксплуатации
Водостойкие	Морская, пресная вода и ее пары	4
	Пресная вода и ее пары	4/1
	Морская вода	4/2
Специальные	Рентгеновские и другие виды облучений, глубокий холод, открытое пламя, биологические воздействия и др.	5
	Маслобензостойкие	6
Химически стойкие	Минеральные масла и смазки, бензин, керосин и другие нефтепродукты	6/1
	Минеральные масла и смазки	6/2
	Бензин, керосин и другие нефтепродукты	6/2
Термостойкие	Различные химические реагенты	7
	Агрессивные газы, пары и жидкости	7/1
	Растворы кислот и кислых солей	7/2
	Растворы щелочей и основных солей	7/3
	Растворы нейтральных солей	7/4
Термостойкие	Температуры выше 60 °С	8
Электроизоляционные	Электрический ток, коронные и поверхностные разряды	9

Примечания: 1. К обозначению условий эксплуатации термостойких покрытий добавляются значение предельной температуры в градусах Цельсия, например 8160 °С. 2. При необходимости значение предельной температуры добавляются и в обозначение условий эксплуатации других покрытий, например 9200 °С.

Если лакокрасочному покрытию предшествует металлическое или неметаллическое неорганическое покрытие, то их обозначения отделяются косой чертой, причем на второе место ставится обозначение лакокрасочного покрытия. Например, кадмиевое покрытие толщиной 6 мкм, с последующей окраской красно-коричневой поливинилбутиральной эмалью ВЛ-515 по III классу для эксплуатации покрытия при воздействии нефтепродуктов:

*К06/эмаль ВЛ-515 красно-коричневая III.6/2.*



# Единая система допусков и посадок (ЕСДП СЭВ и ЕСДП) для гладких элементов. Основные нормы взаимозаменяемости и проектирования

## Глава 3. Единая система допусков и посадок (ЕСДП СЭВ и ЕСДП) для гладких элементов

### 3.1. Общие сведения

**Основные положения ЕСДП СЭВ.** Единую систему допусков и посадок СЭВ (ЕСДП СЭВ) образуют следующие стандарты: СТ СЭВ 144—75; СТ СЭВ 145—75; СТ СЭВ 177—75; СТ СЭВ 179—75; СТ СЭВ 302—76.

ЕСДП СЭВ введена в действие для применения в народном хозяйстве СССР взамен ранее применявшейся национальной системы допусков и посадок, охваченной группой стандартов на допуски и посадки, которая условно называлась системой ОСТ (по обозначению первых стандартов на эту систему, утвержденных в 1929 г.). Система допусков и посадок СЭВ распространяется на гладкие цилиндрические соединения и соединения с плоскими параллельными поверхностями, а также на линейные размеры несопрягаемых элементов. Система охватывает номинальные размеры до 10 000 мм.

ЕСДП СЭВ является составной частью более широкого комплекса единых в рамках СЭВ основных норм взаимозаменяемости, охватывающих кроме гладких соединений номинальные размеры, геометрические параметры, допуски и посадки для резьбовых, шпоночных, шлицевых, гладких конических соединений, зубчатых и червячных передач, допуски формы, расположения и шероховатости поверхностей. Особое значение ЕСДП СЭВ в этом комплексе определяется ее широким применением в машино- и приборостроении и тем, что она является основополагающей для систем допусков и посадок других видов соединений.

ЕСДП СЭВ разработана на базе международной системы допусков и посадок ИСО, которой соответствуют: основные закономерности построения системы; числовые значения допусков и предельных отклонений; условные обозначения. В отличие от предшествовавших международной системе национальных систем в системе ИСО (ИСА) исходными являются не посадки и образующие их поля допусков отверстий и валов, а элементы, необходимые для получения различных полей допусков. При этом каждое поле допуска представлено сочетанием двух независимых характеристик: числового значения допуска и его положения относительно номинального размера. Независимые друг от друга ряды допусков и ряды основных отклонений, определяющих положение полей допусков относительно нулевой линии, составляют главное содержание системы ИСО. Поля допусков и посадки являются в этой системе производными от допусков и основных отклонений.

Внедрение допусков и посадок ЕСДП СЭВ обеспечит для промышленности ряд технических преимуществ по сравнению с системой ОСТ. Эти преимущества определяются большим диапазоном и более равномерной градацией числовых значений допусков, зазоров и натягов, которые можно получить в новой системе допусков и посадок. На основе равномерной градации облегчается оптимальный выбор допусков и посадок с учетом конструкторских и технологических требований, что положительно скажется на экономике изготовления и эксплуатации изделий.

Система ОСТ в период перехода на ЕСДП СЭВ может применяться только для ранее спроектированных изделий.

Несмотря на отличие систем, в ЕСДП СЭВ имеется достаточное количество элементов (допусков, полей допусков и посадок), настолько близких или совпадающих с аналогичными элементами системы ОСТ, что имеется возможность осуществить переход с системы ОСТ на ЕСДП СЭВ без нарушения взаимозаменяемости в машиностроении, с сохранением преемственности в проектировании и изготовлении машин и приборов, с использованием накопленного на базе системы ОСТ опыта выбора и назначения допусков и посадок.

С 1 июля 1983 г. в СССР впервые введена ЕСДП, объединяющая группу стандартов [28—31], в которые введены стандарты СЭВ, образующие ЕСДП СЭВ.

**Основные термины и определения по допускам и посадкам.** Понятия о допусках и посадках для различных видов соединений основываются на терминах и определениях, установленных в системе допусков и посадок для гладких соединений, которая

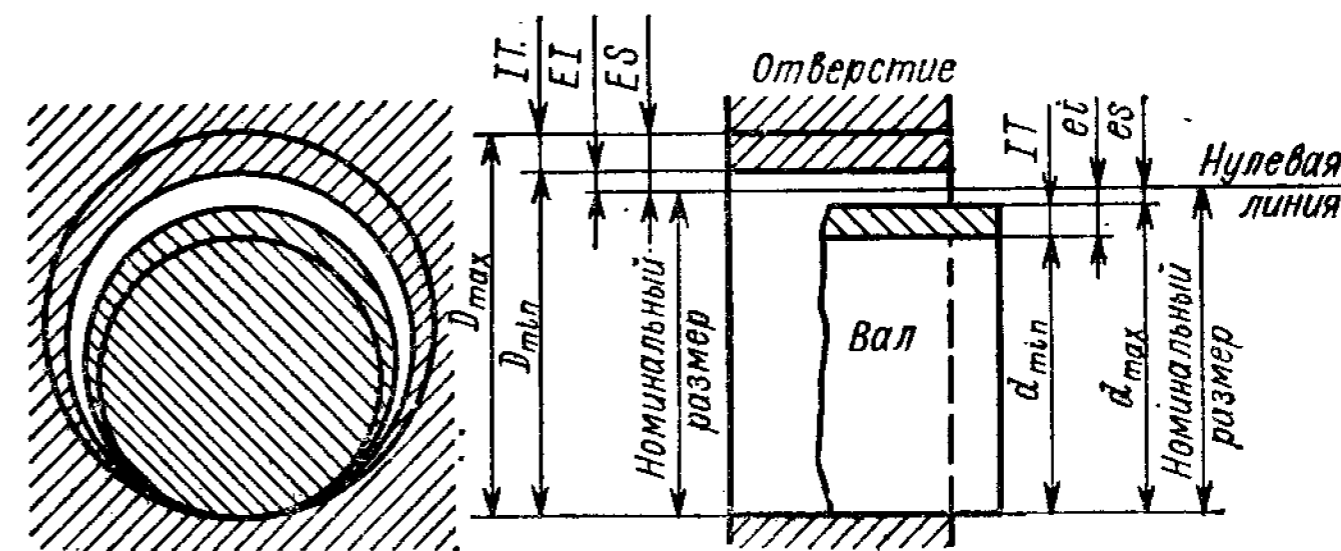


Рис. 3.1. Расположение полей допусков отверстия и вала при посадке с зазором (оба отклонения отверстия положительны, оба отклонения вала отрицательны)

создавалась раньше других. Ниже приводится комплекс терминов и определений, общепринятых для всех видов соединений, в соответствии с ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—77) [28] и справочным материалом СМ-1, разработанным Институтом СЭВ по стандартизации.

1. **Размер** — числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения.

**Действительный размер** — размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

**Предельные размеры** — два допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Наибольший предельный размер — больший из двух предельных размеров (рис. 3.1). Наименьший предельный размер — меньший из двух предельных размеров (рис. 3.1).

**Номинальный размер** — размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений (рис. 3.1). Номинальный размер посадки — номинальный размер, общий для отверстия и вала, составляющих соединение (рис. 3.1).

2. **Отклонение** — алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером.

**Действительное отклонение** — алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

**Предельное отклонение** — алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее отклонения.

**Верхнее отклонение** — алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами (рис. 3.1).

**Нижнее отклонение** — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами (рис. 3.1).

**Среднее отклонение** — среднее арифметическое верхнего и нижнего отклонений.

**Основное отклонение** — одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. Обычно таким отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

3. Нулевая линия — линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Если нулевая линия расположена горизонтально, то положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные — вниз (рис. 3.1).

4. Допуск — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями (рис. 3.1).

Допуск системы (стандартный допуск) — любой из допусков, устанавливаемых данной системой допусков. Обычно при изложении системы допусков и посадок под термином «допуск» понимается допуск системы.

Допуск посадки — сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

5. Поле допусков — поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допусков определяется числовым значением допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допусков заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

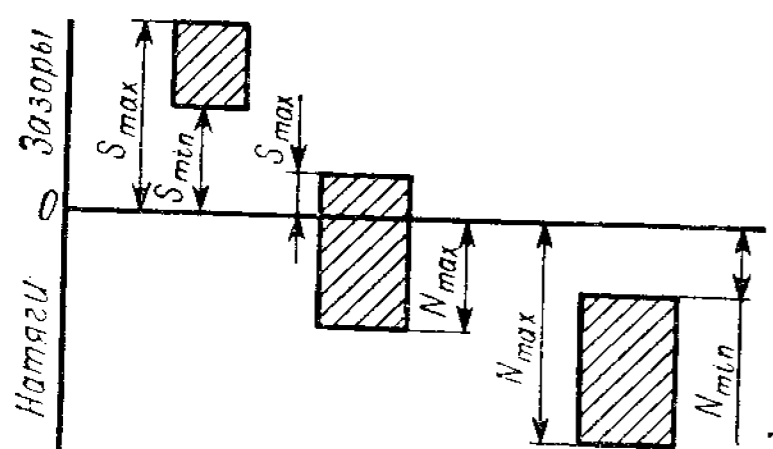


Рис. 3.2. Расположение полей допусков посадок:  
S — зазор; N — натяг

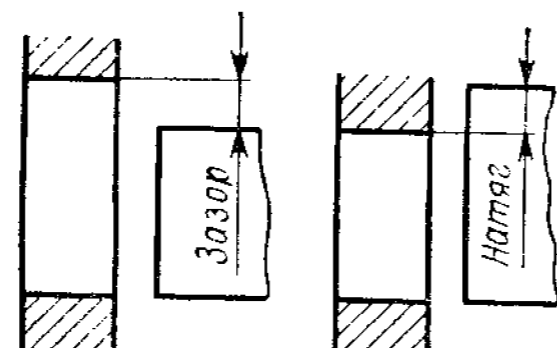


Рис. 3.3. Схема зазора и натяга

Поле допусков посадки — в графическом изображении посадок это поле, заключенное между двумя линиями, соответствующими наибольшему и наименьшему зазорам или натягам посадки (рис. 3.2).

6. Квалитет (степень точности) — ступень градации значений допусков системы. Каждый квалитет содержит ряд допусков, которые в системе допусков и посадок рассматриваются как соответствующие приблизительно одинаковой точности для всех номинальных размеров.

7. Единица допусков — множитель в формулах (уравнениях) допусков системы, являющийся функцией номинального размера. Начиная с 5-го квалитета, допуск равен произведению единицы допусков на безразмерный коэффициент, установленный для данного квалитета и не зависящий от номинального размера.

8. Вал — термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей.

Основной вал — вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

9. Отверстие — термин, применяемый для обозначения внутренних (охватываемых) элементов деталей.

Основное отверстие — отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

10. Проходной предел — термин, применяемый к тому из двух предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, а именно верхнему пределу для вала, нижнему пределу для отверстия. (В случае применения предельных калибров речь идет о предельном размере, проверяемом проходным калибром.)

Непроходной предел — термин, применяемый к тому из двух предельных размеров, который соответствует минимальному количеству материала, а именно нижнему пределу для вала, верхнему пределу для отверстия. (В случае применения предельных калибров речь идет о предельном размере, проверяемом непроходным калибром.)

11. Зазор — разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала (рис. 3.3).

Наименьший и наибольший зазоры — два предельных значения, между которыми должен находиться зазор (см. рис. 3.2).

Средний зазор — среднее арифметическое наименьшего и наибольшего зазоров. Действительный зазор — зазор, определяемый как разность действительных размеров отверстия и вала.

12. Натяг — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия (рис. 3.3).

Наименьший и наибольший натяг — два предельных значения, между которыми должен находиться натяг (см. рис. 3.2).

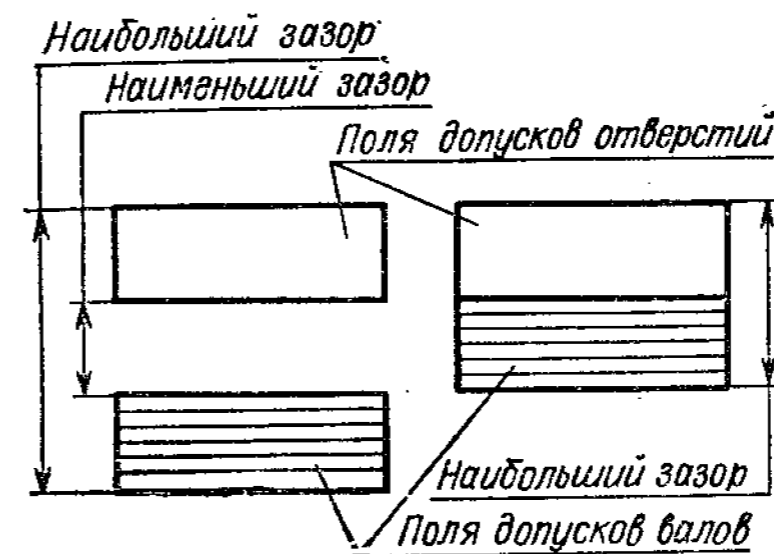


Рис. 3.4. Посадки с зазором (поле допусков отверстия расположено над полем допуска вала)

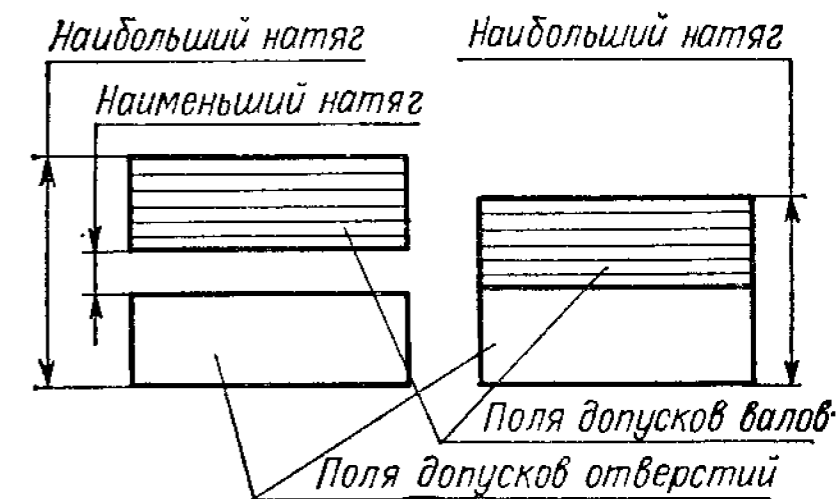


Рис. 3.5. Посадка с натягом (поле допусков отверстия расположено под полем допуска вала)

Средний натяг — среднее арифметическое наибольшего и наименьшего натягов. Действительный натяг — натяг, определяемый как разность действительных размеров вала и отверстия до сборки деталей.

13. Посадка — характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов.

Посадка с зазором — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допусков отверстия расположено над полем допуска вала). К посадкам с зазором относятся также посадки, в которых нижняя граница поля допусков отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала (см. рис. 3.2 и 3.4).

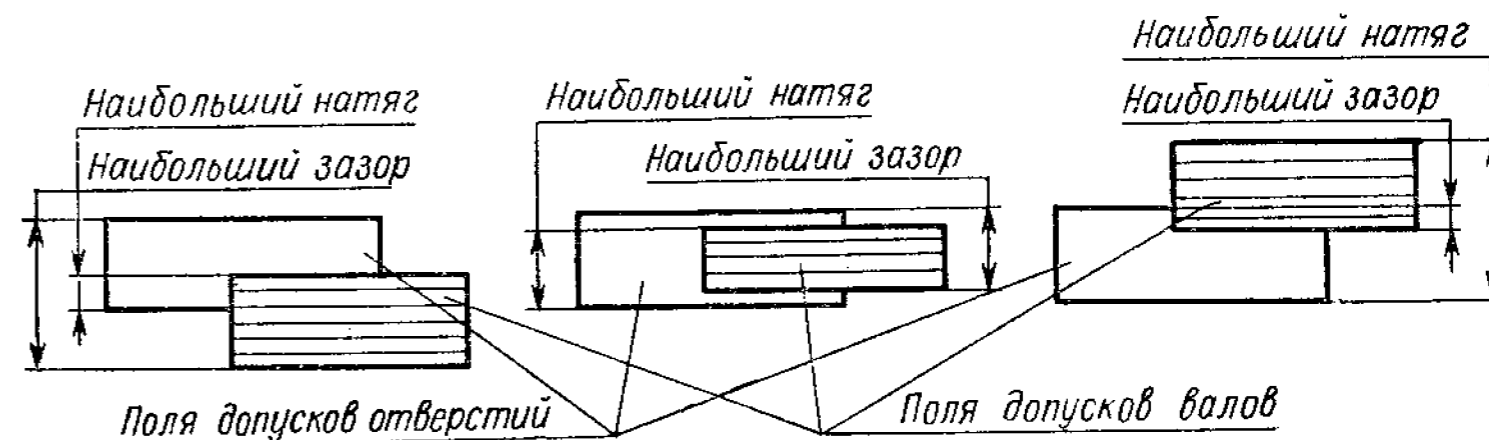


Рис. 3.6. Переходные посадки (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью)

Посадка с натягом — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допусков отверстия расположено под полем допуска вала) — см. рис. 3.2 и 3.5.

Переходная посадка — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью) — см. рис. 3.2 и 3.6.

Посадки в системе отверстия — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис. 3.7, а).

Посадки в системе вала — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рис. 3.7, б).

14. Гладкое цилиндрическое соединение — соединение, в котором поверхности отверстия и вала круглые цилиндрические.

Плоское (с параллельными плоскостями) соединение — соединение, в котором поверхности отверстия и вала плоские, параллельные между собой.

ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75) дает следующее *истолкование предельных размеров* на предписанной длине, чтобы гарантировать в наибольшей практически достижимой степени выполнение функциональных требований системы допусков и посадок:

а) для *отверстий* диаметр наибольшего правильного воображаемого цилиндра, который может быть вписан в отверстие так, чтобы плотно контактировать с наиболее выступающими точками поверхности (размер сопрягаемой детали идеальной геометрической формы, прилегающей к отверстию без зазора), не должен быть меньше, чем проходной предел размера. Дополнительно наибольший диаметр в любом месте отверстия не должен превышать непроходного предела размера;

б) для *валов* диаметр наименьшего правильного воображаемого цилиндра, который может быть описан вокруг вала так, чтобы плотно контактировать с наиболее выступающими точками поверхности (размер сопрягаемой детали идеальной геометрической формы, прилегающей к валу без зазора), не должен быть больше, чем проходной предел размера. Дополнительно минимальный диаметр в любом месте вала не должен быть меньше, чем непроходной предел размера.

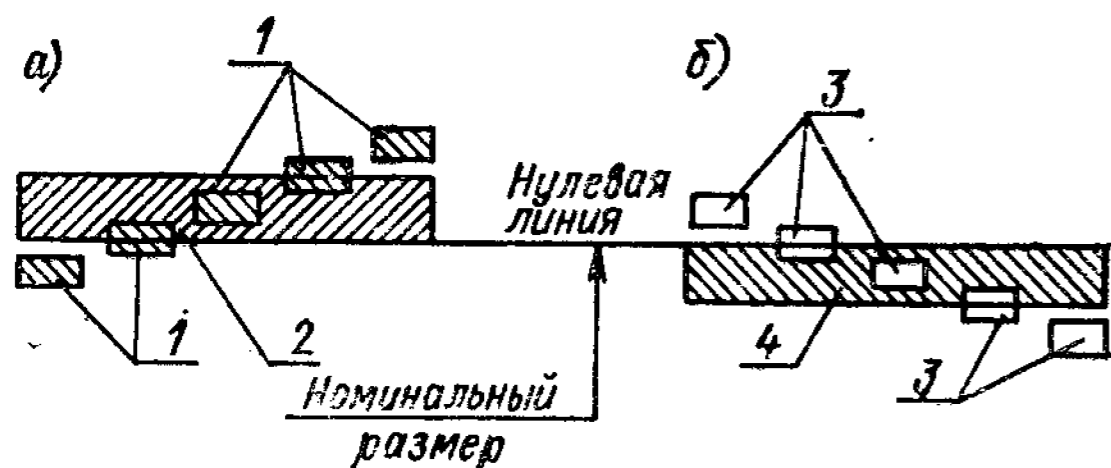


Рис. 3.7. Примеры посадок в системе отверстия (а) и в системе вала (б).

1 — поля допусков валов; 2 — поле допуска основного отверстия; 3 — поля допусков отверстий; 4 — поле допуска основного вала

трической формы, прилегающей к валу без зазора), не должен быть больше, чем проходной предел размера. Дополнительно минимальный диаметр в любом месте вала не должен быть меньше, чем непроходной предел размера.

**Условные обозначения.** В системе применяются следующие условные обозначения отклонений (см. рис. 3.1): верхнее отклонение отверстия ES; верхнее отклонение вала es; нижнее отклонение отверстия EI; нижнее отклонение вала ei.

Условное обозначение основных отклонений состоит из одной или двух букв латинского алфавита. Прописными буквами обозначены основные отклонения отверстий, а строчными — валов. Набор входящих в систему основных отклонений с их условными обозначениями показан на рис. 3.8.

В обозначениях полей допусков допуск определенного качества обозначается его номером (см. ниже).

Условное обозначение поля допуска состоит из обозначений основного отклонения и качества (допуска). Примеры условных обозначений полей допусков: валов — h6, d11; отверстий — H6, D11.

Условное обозначение посадки состоит из обозначений полей допусков отверстия и вала, которые должны записываться в виде дроби с горизонтальной или косой чертой или разделяться тире. Примеры:  $\frac{H7}{g6}$ ; H7/g6; H7—g6.

При необходимости в отдельном обозначении допуска по ЕСДП СЭВ (допуска системы) применяют буквы IT.

При необходимости в отдельном обозначении допуска по определенному качеству в текстовых записях применяют буквы в сочетании с номером качества, например: IT6 — допуск по качеству 6-му; IT10 — допуск по качеству 10-му.

**Интервалы номинальных размеров.** Числовые значения допусков и основных отклонений в системе определены в зависимости от их номинальных размеров, для чего весь диапазон размеров до 10 000 мм разделен на интервалы. В пределах каждого интервала основные отклонения и допуски неизменны.

Различают основные и промежуточные интервалы. Допуски и часть основных отклонений определены исходя из основных интервалов. Промежуточные интервалы применяются для расчетов основных отклонений:

валов от a до c и от g до zc, а также отверстий от A до C и от R до ZC — для размеров до 500 мм;

валов от c, cd и от g до v, а также отверстий от C, CD и от R до V — для размеров свыше 500 мм.

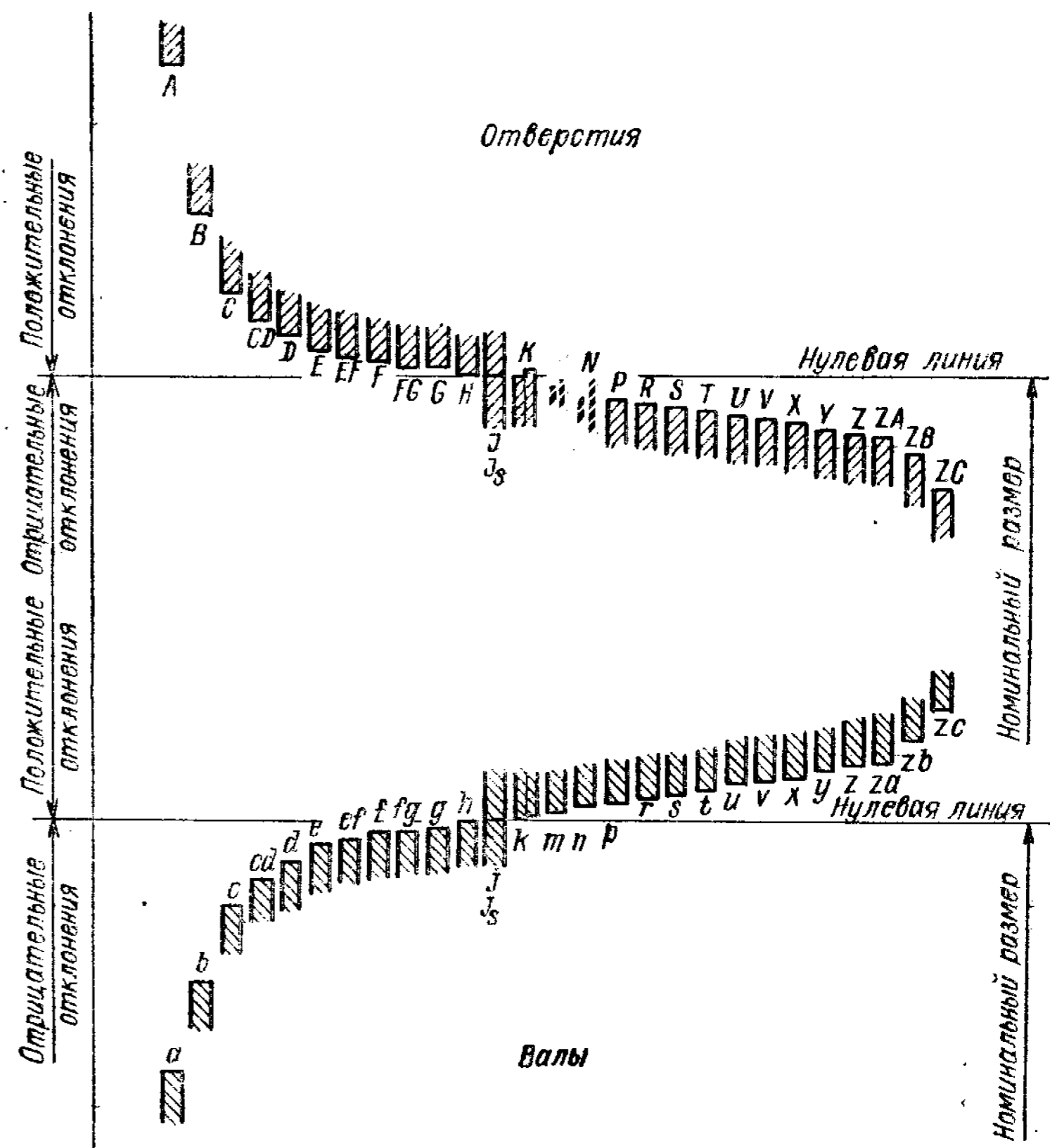


Рис. 3.8. Основные отклонения (положения полей допусков) для данного интервала диаметров

В расчетных формулах используется среднее геометрическое ( $D$ ) граничных значений соответствующего интервала ( $D_{\min}$  и  $D_{\max}$ ):  $D = \sqrt{D_{\min} D_{\max}}$ . Для интервала валов размеров до 3 мм  $D = \sqrt{3}$ .

**Квалитеты.** Сравнение квалитетов с классами точности ОСТ для размеров от 1 до 500 мм. ЕСДП СЭВ для всех диапазонов размеров устанавливает 19 квалитетов, которые имеют номера 01, 0, 1, 2, ... 16, 17. Они образуют единую шкалу точностей, применяемых в машино- и приборостроении.

Назначение отдельных квалитетов можно увязать с условиями конкретного производства, доминирующим уровнем точности, технологией производства и т. д. Ориентировочная применяемость квалитетов: квалитеты 01—7 — допуски средств измерения, в том числе калибров; квалитеты 4—12 — допуски размеров в посадках; квалитеты 12—17 — допуски неотчетливых размеров (несопрягаемых или в грубых соединениях).



Следует особо подчеркнуть равенство числовых значений допусков во всех квалитетах как для вала, так и для отверстия (в отличие от ОСТ); возможность назначения допусков по различным квалитетам для вала и отверстия (большой допуск у отверстия), разница которых не должна превышать двух квалитетов.

В табл. 3.1 приведено сравнение квалитетов с классами точности ОСТ, откуда видно отсутствие однозначного соответствия классов точности и квалитетов (один и тот же класс может быть заменен несколькими квалитетами). Особенно это относится к классам повышенной точности (1, 2, 2а). Например, 2-му классу точности для валов наиболее близок квалитет 6-й, но иногда 7-й и даже 8-й. Если два квалитета даны через дробь, то это означает, что данный класс точности, как правило, расположен между этими двумя квалитетами. Например, 12/13 указывает на то, что 5-й класс точности занимает промежуточное положение между квалитетами 12 и 13. При неоднозначной замене класса основным заменяющим квалитетом является тот, после номера которого в скобках указано «не полностью», а запись «частично» указывает на реже встречающееся совпадение заменяемой и заменяющей точностных градаций двух систем.

Т а б л и ц а 3.1. Сравнительная таблица квалитетов с классами точности ОСТ для размеров от 1 до 500 мм

Классы точности по ОСТ	Квалитет		Число единиц допуска $i$	
	Основной вал	Основное отверстие	Вал	Отверстие
09	—	5	—	7
1	5 (не полностью) 6 (частично)	6 —	7 10	10 —
2	6 (не полностью) 7 (частично) 8 (частично)	7 (не полностью) 8 (частично) —	10 16 25	16 25 —
2а	7 (не полностью) 8 (частично)	8 (не полностью) —	16 25	25 —
3	8/9 9 (частично)	8/9 —	25/40 40	—
3а	10	10	64	
4	11	11	100	
5	12/13	12/13	160/250	
7	14	14	400	
8	15	15	640	
9	16	16	1000	
10	17	17	1600	

**Основные отклонения.** Основное отклонение — ближайшее к нулевой линии предельное отклонение, ограничивающее поле допуска (рис. 3.9).

Основные отклонения, расположенные выше нулевой линии, являются нижними предельными отклонениями полей допусков. Основные отклонения, расположенные ниже нулевой линии, являются верхними предельными отклонениями полей допусков.

Из рис. 3.8 видно, что для  $J_s$  нет основного отклонения, оба предельных отклонения равны  $\pm IT/2$ . Для  $J$  основным является верхнее отклонение, а для  $j$  — нижнее. Основные отклонения  $K, M, N, k$  для отдельных квалитетов и размеров равны нулю.

Основные отклонения отверстий (см. рис. 3.8) с размерами до 500 мм определяются на основании общего и специального правил, а с размерами свыше 500 мм — на основании общего правила по формулам, указанным в [28, 31]. Там же приведены формулы для определения числовых значений и знаки показанных на рис. 3.8 основных отклонений валов. Числовое значение основного отклонения не зависит от квалитета, за исключением валов  $j_s$  и  $j$ , отверстий  $J_s$  и  $J$ , а также тех отверстий с размерами до 500 мм, на которые распространяется специальное правило.

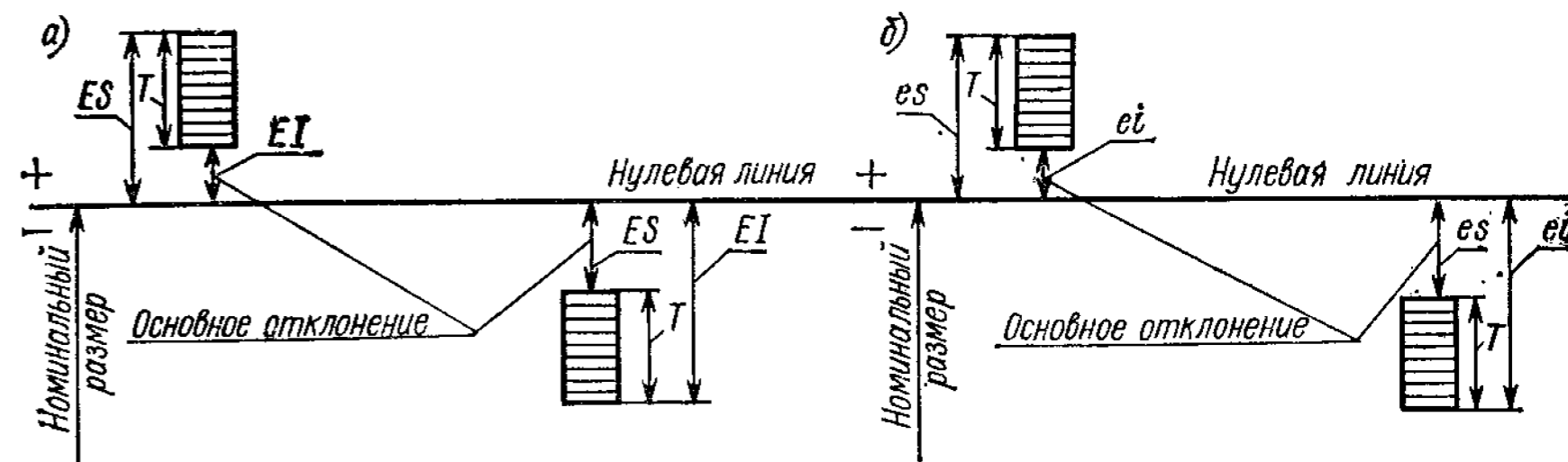


Рис. 3.9. Основные отклонения (положения полей допусков): а — поля допусков отверстий; б — поля допусков валов

Основные отклонения устанавливают стандартное положение поля допуска, а следовательно, и характер будущей посадки. В связи с этим необходимо отметить, что первые буквы алфавита соответствуют посадкам с зазором, последние — посадкам с натягом, средние — переходным посадкам. Четкая граница между различными группами посадок (например, переходные — с натягом) отсутствует. Следует заметить, что по нормам системы СЭВ предусмотрено по 28 отклонений для валов и отверстий. Числовые значения основных отклонений валов и отверстий приведены в ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75).

### 3.2. Числовые значения допусков

Стандарт [28] устанавливает числовые значения допусков для размеров до 500 мм (табл. 3.2) и для размеров свыше 500 мм.

Т а б л и ц а 3.2. Числовые значения допусков для размеров до 500 мм по ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75)

Интервал размеров, мм	Квалитеты									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Допуск IT, мкм									
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
» 6 » 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
» 18 » 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
» 30 » 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
» 50 » 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
» 80 » 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
» 120 » 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
» 180 » 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
» 250 » 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
» 315 » 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
» 400 » 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97

Интервал размеров, мм	Квалитеты									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допуск IT, мкм									
До 3	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	
Св. 3 до 6	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	
» 6 » 10	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	
» 10 » 18	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	
» 18 » 30	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	
» 30 » 50	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	
» 50 » 80	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	
» 80 » 120	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	
» 120 » 180	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	
» 180 » 250	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	
» 250 » 315	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	
» 315 » 400	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	
» 400 » 500	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	

Примечание. Для размеров до 1 мм квалитеты от 14 до 17 не применяются.

### 3.3. Поля допусков и числовые значения предельных отклонений

Поле допуска образуется сочетанием допуска с одним из квалитетов и выбранного основного отклонения (положения поля допуска). Примеры образования полей допусков отверстий приведены на рис. 3.10, а полей допусков валов — на рис. 3.11.

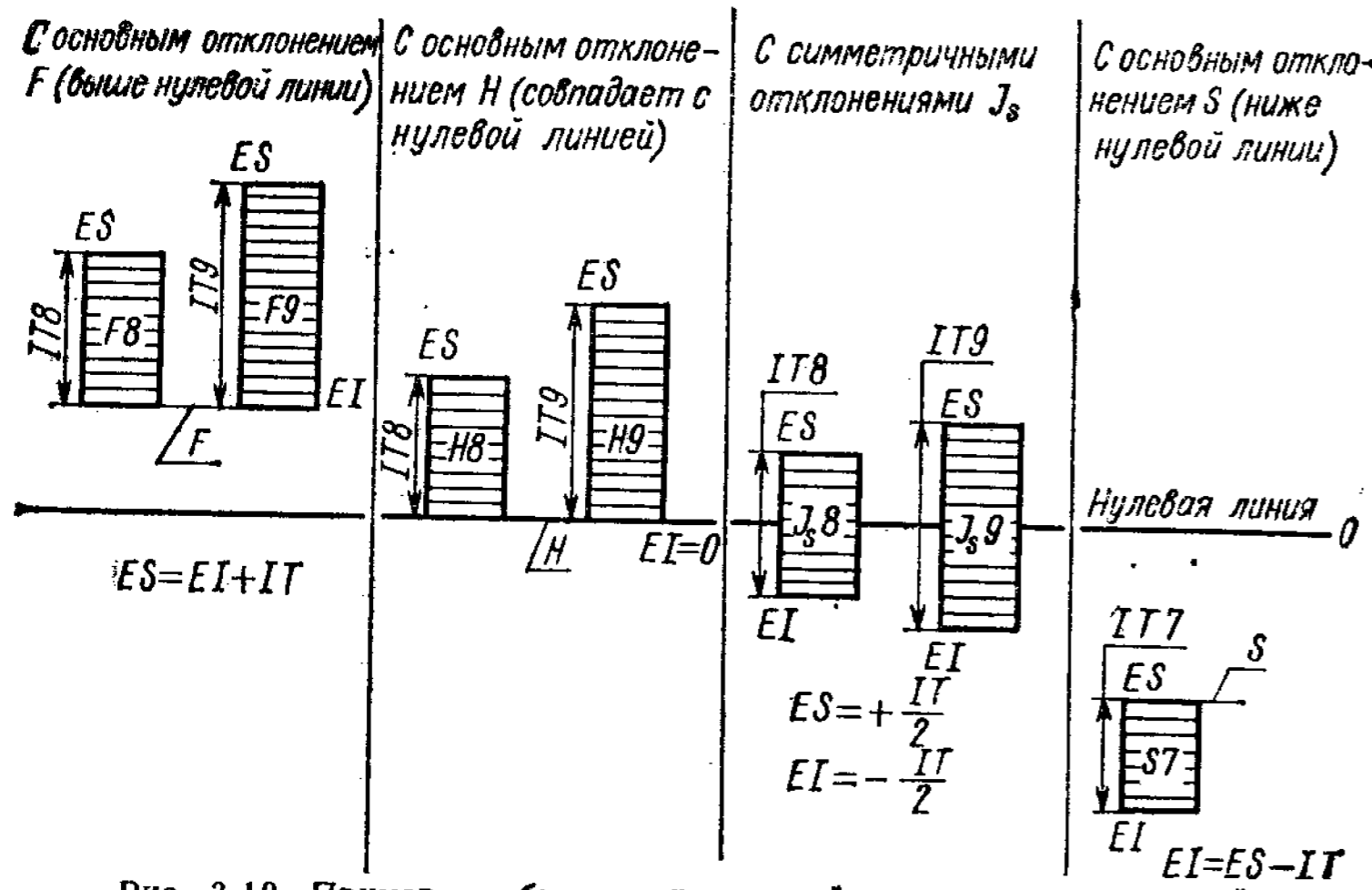


Рис. 3.10. Примеры образования полей допусков отверстий

Для практического использования системы допусков и посадок из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различными сочетаниями основных отклонений и допусков по СТ СЭВ 144—75 (а это свыше 500 отверстий и столько же валов), отобрано оптимальное количество полей, удовлетворяющих потребностям

Таблица 3.3. Система отверстий. Предельные отклонения основных отверстий при размерах от 1 до 500 мм

Интервал размеров, мм	Поля допусков									
	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	
	Предельные отклонения, мкм									
От 1 до 3	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	
Св. 3 до 6	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	
Св. 6 до 10	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	
Св. 10 до 18	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	
Св. 18 до 30	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	
Св. 30 до 50	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	
Св. 50 до 80	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	
Св. 80 до 120	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	
Св. 120 до 180	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+400 0	
Св. 180 до 250	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460 0	
Св. 250 до 315	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+520 0	
Св. 315 до 400	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+570 0	
Св. 400 до 500	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+630 0	

Примечание.   — предпочтительные поля допусков.

Таблица 3.4. Система отверстий. Предельные отклонения валов с размерами от 1 до 500 мм по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75)

Интервал размеров, мм	Поля допусков										
	h6	g6	h6	J <sub>s</sub> 6	k6	m6	p6	г6	s6	t6	
Предельные отклонения, мкм											
От 1 до 3	-6 -12	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	-
Св. 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-
Св. 6 до 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-
Св. 10 до 14	-16 -27	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-
Св. 14 до 18	-20 -33	-7 -20	0 -13	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	- +54 +41
Св. 18 до 24	-25 -41	-9 -25	0 -16	+8,0 -8,0	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54
Св. 24 до 30	-30 -49	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66
Св. 30 до 40	-30 -49	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66
Св. 40 до 50	-30 -49	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66
Св. 50 до 65	-30 -49	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66
Св. 65 до 80	-30 -49	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66

Св. 80 до 100	-36 -58	-12 -34	0 -22	+11,0 -11,0	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91
Св. 100 до 120	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+76 +54	+101 +79	+126 +104
Св. 120 до 140	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 140 до 160	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 160 до 180	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 180 до 200	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 200 до 225	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 225 до 250	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 250 до 280	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16,0 -16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+106 +77	+126 +94	+150 +118
Св. 280 до 315	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16,0 -16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+106 +77	+126 +94	+150 +118
Св. 315 до 355	-62 -98	-18 -54	0 -36	+18,0 -18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+106 +77	+126 +94	+150 +118
Св. 355 до 400	-62 -98	-18 -54	0 -36	+18,0 -18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+106 +77	+126 +94	+150 +118
Св. 400 до 450	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20,0 -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+106 +77	+126 +94	+150 +118
Св. 450 до 500	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20,0 -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+106 +77	+126 +94	+150 +118



Интервал размеров, мм	Поля допусков									
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7	
	Предельные отклонения, мкм									
От 1 до 3	-14 -24	-6 -16	0 -10	+5 -5	+10 0	-	+14 -4	+24 +14	+28 +18	
Св. 3 до 6	-20 -32	-10 -22	0 -12	+6 -6	+13 +1	+16 +4	+20 +8	+31 +19	+35 +23	
Св. 6 до 10	-25 -40	-13 -28	0 -15	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+38 +23	+43 +28	
Св. 10 до 14	-32 -50	-16 -34	0 -18	+9 -9	+19 +1	+25 +7	+30 +12	+46 +28	+51 +33	
Св. 14 до 18										
Св. 18 до 24	-40 -61	-20 -41	0 -21	+10 -10	+23 +2	+29 +8	+36 +15	+56 +35	+62 +41	+69 +48
Св. 24 до 30										
Св. 30 до 40	-50 -75	-25 -50	0 -25	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+68 +43	+85 +60	+95 +70
Св. 40 до 50										
Св. 50 до 65	-60 -90	-30 -60	0 -30	+15 -15	+32 +2	+41 +11	+50 +20	+83 +53	+117 +87	
Св. 65 до 80								+89 +59	+132 +102	

Св. 80 до 100	-72 -107	-36 -71	0 -35	+17 -17	+38 +3	+48 +13	+58 +23	+106 +71	+159 +124
Св. 100 до 120								+114 +79	+179 +144
Св. 120 до 140								+132 +92	+210 +170
Св. 140 до 160	-85 -125	-43 -83	0 -40	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+140 +100	+230 +190
Св. 160 до 180								+148 +108	+250 +210
Св. 180 до 200								+168 +122	+282 +236
Св. 200 до 225	-100 -146	-50 -96	0 -46	+23 -23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+176 +130	+304 +258
Св. 225 до 250								+186 +140	+330 +284
Св. 250 до 280	-110 -162	-56 -108	0 -52	+26 -26	+56 +4	+72 +20	+86 +34	+210 +158	+367 +315
Св. 280 до 315								+222 +170	+402 +350
Св. 315 до 355								+247 +190	+447 +390
Св. 355 до 400	-125 -182	-62 -119	0 -57	+28 -28	+61 +4	+78 +21	+94 +37	+265 +208	+492 +435
Св. 400 до 450								+295 +232	+553 +490
Св. 450 до 500	-135 -198	-68 -131	0 -63	+31 -31	+68 +5	+86 +23	+103 +40	+315 +252	+603 +540

Интервал размеров, мм	Поля допусков													
	c8	d8	e8	f8	h8	j <sub>s</sub> 8*	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	j <sub>s</sub> 9*
Пределные отклонения, мкм														
От 1 до 3	-60 -74	-20 -34	-14 -28	-6 -20	0 -14	+7 -7	+32 +18	+34 +20	+40 +26	-20 -45	-14 -39	-6 -31	0 -25	+12 -12
Св. 3 до 6	-70 -88	-30 -48	-20 -38	-10 -28	0 -18	+9 -9	+41 +23	+46 +28	+53 +35	-30 -60	-20 -50	-10 -40	0 -30	+15 -15
Св. 6 до 10	-80 -102	-40 -62	-25 -47	-13 -35	0 -22	+11 -11	+50 +28	+56 +34	+64 +42	-40 -76	-25 -61	-13 -49	0 -36	+18 -18
Св. 10 до 14	-95 -122	-50 -77	-32 -59	-16 -43	0 -27	+13 -13	+60 +33	+67 +40	+77 +50	-50 -93	-32 -75	-16 -59	0 -43	+21 -21
Св. 14 до 18	-110 -143	-65 -93	-40 -73	-20 -53	0 -33	+16 -16	+74 +41	+87 +54	+106 +73	-65 -117	-40 -92	-20 -72	0 -52	+26 -26
Св. 18 до 24	-120 -159	-80 -119	-50 -89	-25 -64	0 -39	+19 -19	+99 +60	+119 +80	+151 +112	-80 -142	-50 -112	-25 -87	0 -62	+31 -31
Св. 24 до 30	-130 -169	-90 -129	-60 -99	-30 -69	0 -46	+23 -23	+133 +87	+168 +122	+218 +172	-100 -174	-60 -134	-30 -104	0 -74	+37 -37
Св. 30 до 40	-140 -186	-100 -146	-70 -106	-40 -76	0 -46	+23 -23	+148 +102	+192 +146	+256 +210					
Св. 40 до 50	-150 -196													

Св. 50 до 65	-170 -224	-120 -174	-72 -126	-36 -90	0 -54	+27 -27	+178 +124	+232 +178	+312 +258	-120 -207	-72 -159	-36 -123	0 -87	+43 -43
Св. 65 до 80	-180 -234	-145 -208	-85 -148	-43 -106	0 -63	+31 -31	+253 +190	+343 +280	+478 +415	-145 -245	-85 -185	-43 -143	0 -100	+50 -50
Св. 80 до 100	-200 -263	-170 -242	-100 -172	-50 -122	0 -72	+36 -36	+308 +236	+422 +350	+592 +520	-170 -285	-100 -215	-50 -165	0 -115	+57 -57
Св. 100 до 120	-210 -273	-190 -271	-110 -191	-56 -137	0 -81	+40 -40	+396 +315	+556 +475	+791 +710	-190 -320	-110 -240	-56 -186	0 -130	+65 -65
Св. 120 до 140	-220 -293	-210 -299	-125 -214	-62 -151	0 -89	+44 -44	+479 +390	+679 +590	+989 +900	-210 -350	-125 -265	-62 -202	0 -140	+70 -70
Св. 140 до 160	-230 -293	-230 -327	-135 -232	-68 -165	0 -97	+48 -48	+587 +490	+837 +740	+1197 +1100	-230 -385	-135 -290	-68 -223	0 -155	+77 -77
Св. 160 до 180	-240 -312	-240 -332	-145 -242	-85 -148	0 -63	+31 -31	+273 +210	+373 +310	+528 +465					
Св. 180 до 200	-260 -332	-280 -352	-170 -242	-100 -172	-50 -122	+36 -36	+356 +284	+497 +425	+712 +640					
Св. 200 до 225	-280 -352	-300 -381	-190 -271	-110 -191	-56 -137	+40 -40	+431 +350	+606 +525	+871 +790					
Св. 225 до 250	-300 -381	-330 -411	-210 -299	-125 -214	-62 -151	+44 -44	+479 +390	+679 +590	+989 +900					
Св. 250 до 280	-360 -449	-400 -489	-230 -327	-135 -232	-68 -165	+48 -48	+637 +540	+917 +820	+1347 +1250					
Св. 280 до 315	-440 -537	-480 -577	-280 -377	-327 -424	-232 -329	-48 -48	+540 +440	+820 +720	+1250 +1150					
Св. 315 до 355	-440 -537	-480 -577	-280 -377	-327 -424	-232 -329	-48 -48	+540 +440	+820 +720	+1250 +1150					
Св. 355 до 400	-440 -537	-480 -577	-280 -377	-327 -424	-232 -329	-48 -48	+540 +440	+820 +720	+1250 +1150					
Св. 400 до 450	-440 -537	-480 -577	-280 -377	-327 -424	-232 -329	-48 -48	+540 +440	+820 +720	+1250 +1150					
Св. 450 до 500	-440 -537	-480 -577	-280 -377	-327 -424	-232 -329	-48 -48	+540 +440	+820 +720	+1250 +1150					

Интервал размеров, мм	Поля допусков											
	d10	h10	J <sub>s</sub> 10*	a11	b11	c11	[d11]	[h11]	J <sub>s</sub> 11*	b12	h12	I <sub>s</sub> 12*
Пределы отклонения, мкм												
От 1 до 3	-20 -60	0 -40	+20 -20	-270 -330	-140 -200	-60 -120	-20 -80	0 -60	+30 -30	-140 -240	0 -100	+50 -50
Св. 3 до 6	-30 -78	0 -48	+24 -24	-270 -345	-140 -215	-70 -145	-30 -105	0 -75	+37 -37	-140 -260	0 -120	+60 -60
Св. 6 до 10	-40 -98	0 -58	+29 -29	-280 -370	-150 -240	-80 -170	-40 -130	0 -90	+45 -45	-150 -300	0 -150	+75 -75
Св. 10 до 14	-50 -120	0 -70	+35 -35	-290 -400	-150 -260	-95 -205	-50 -160	0 -110	+55 -55	-150 -330	0 -180	+90 -90
Св. 14 до 18	-65 -149	0 -84	+42 -42	-300 -430	-160 -290	-110 -240	-65 -195	0 -130	+65 -65	-160 -370	0 -210	+105 -105
Св. 18 до 24	-80 -180	0 -100	+50 -50	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80 -240	0 -160	+80 -80	-170 -420	0 -250	+125 -125
Св. 24 до 30	-80 -180	0 -100	+50 -50	-320 -480	-180 -340	-130 -290	-80 -240	0 -160	+80 -80	-180 -430	0 -250	+125 -125
Св. 30 до 40	-80 -180	0 -100	+50 -50	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80 -240	0 -160	+80 -80	-170 -420	0 -250	+125 -125
Св. 40 до 50	-80 -180	0 -100	+50 -50	-320 -480	-180 -340	-130 -290	-80 -240	0 -160	+80 -80	-180 -430	0 -250	+125 -125
Св. 50 до 65	-100 -220	0 -120	+60 -60	-340 -530	-190 -380	-140 -330	-100 -290	0 -190	+95 -95	-190 -490	0 -300	+150 -150
Св. 65 до 80	-100 -220	0 -120	+60 -60	-360 -550	-200 -390	-150 -340	-100 -290	0 -190	+95 -95	-200 -500	0 -300	+150 -150

Св. 80 до 100	-120 -260	0 -140	+70 -70	-380 -600	-220 -440	-170 -390	-120 -340	0 -220	+110 -110	-220 -570	0 -350	+175 -175
Св. 100 до 120	-145 -305	0 -160	+80 -80	-410 -630	-240 -460	-180 -400	-145 -395	0 -250	+125 -125	-280 -680	0 -400	+200 -200
Св. 120 до 140	-170 -355	0 -185	+92 -92	-460 -710	-260 -510	-200 -450	-170 -460	0 -290	+145 -145	-260 -660	0 -460	+230 -230
Св. 140 до 160	-170 -355	0 -185	+92 -92	-520 -770	-280 -530	-210 -460	-170 -460	0 -290	+145 -145	-340 -800	0 -460	+230 -230
Св. 160 до 180	-170 -355	0 -185	+92 -92	-580 -830	-310 -560	-230 -480	-170 -460	0 -290	+145 -145	-310 -710	0 -460	+230 -230
Св. 180 до 200	-190 -400	0 -210	+105 -105	-660 -950	-340 -630	-240 -530	-190 -510	0 -320	+160 -160	-340 -800	0 -520	+260 -260
Св. 200 до 225	-190 -400	0 -210	+105 -105	-740 -1030	-380 -670	-260 -550	-190 -510	0 -320	+160 -160	-380 -840	0 -520	+260 -260
Св. 225 до 250	-210 -440	0 -230	+115 -115	-820 -1110	-420 -710	-280 -570	-210 -570	0 -360	+180 -180	-420 -880	0 -570	+285 -285
Св. 250 до 280	-210 -440	0 -230	+115 -115	-920 -1240	-480 -800	-300 -620	-210 -570	0 -360	+180 -180	-480 -1000	0 -570	+285 -285
Св. 280 до 315	-210 -440	0 -230	+115 -115	-1050 -1370	-540 -860	-330 -650	-210 -570	0 -360	+180 -180	-540 -1060	0 -570	+285 -285
Св. 315 до 355	-230 -480	0 -250	+125 -125	-1200 -1560	-600 -960	-360 -720	-230 -630	0 -400	+200 -200	-600 -1170	0 -570	+315 -315
Св. 355 до 400	-230 -480	0 -250	+125 -125	-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760	-230 -630	0 -400	+200 -200	-680 -1250	0 -570	+315 -315
Св. 400 до 450	-230 -480	0 -250	+125 -125	-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840	-230 -630	0 -400	+200 -200	-760 -1390	0 -570	+315 -315
Св. 450 до 500	-230 -480	0 -250	+125 -125	-1650 -2050	-840 -1240	-480 -880	-230 -630	0 -400	+200 -200	-840 -1470	0 -570	+315 -315

Примечания: 1. [ ] — предпочтительные поля допусков. 2. Звездочкой отмечены поля допусков, как правило, не предназначенные для посадок.



промышленности стран—членов СЭВ. В отборы входят поля допусков для несопрягаемых и сопрягаемых элементов.

Для *несопрягаемых* элементов предусмотрены односторонние (для отверстий и валов) и симметричные отклонения во всех квалитетах. При этом рекомендуется принимать следующее расположение полей допусков: для отверстий — в плюс (обозначается буквой Н); для валов — в минус (обозначается буквой h); для размеров, не относящихся к отверстиям и валам, — симметричное ( $\pm IT/2$ ). Эти рекомендации не исключают возможности назначения в конструктивно и технологически обоснованных случаях симметричных отклонений для отверстий (обозначаются буквой J<sub>s</sub>) или валов (обозначаются буквой j<sub>s</sub>), а также односторонних отклонений для размеров, не относящихся к отверстиям и валам. В ограничительных стандартах эти случаи могут быть конкретизированы.

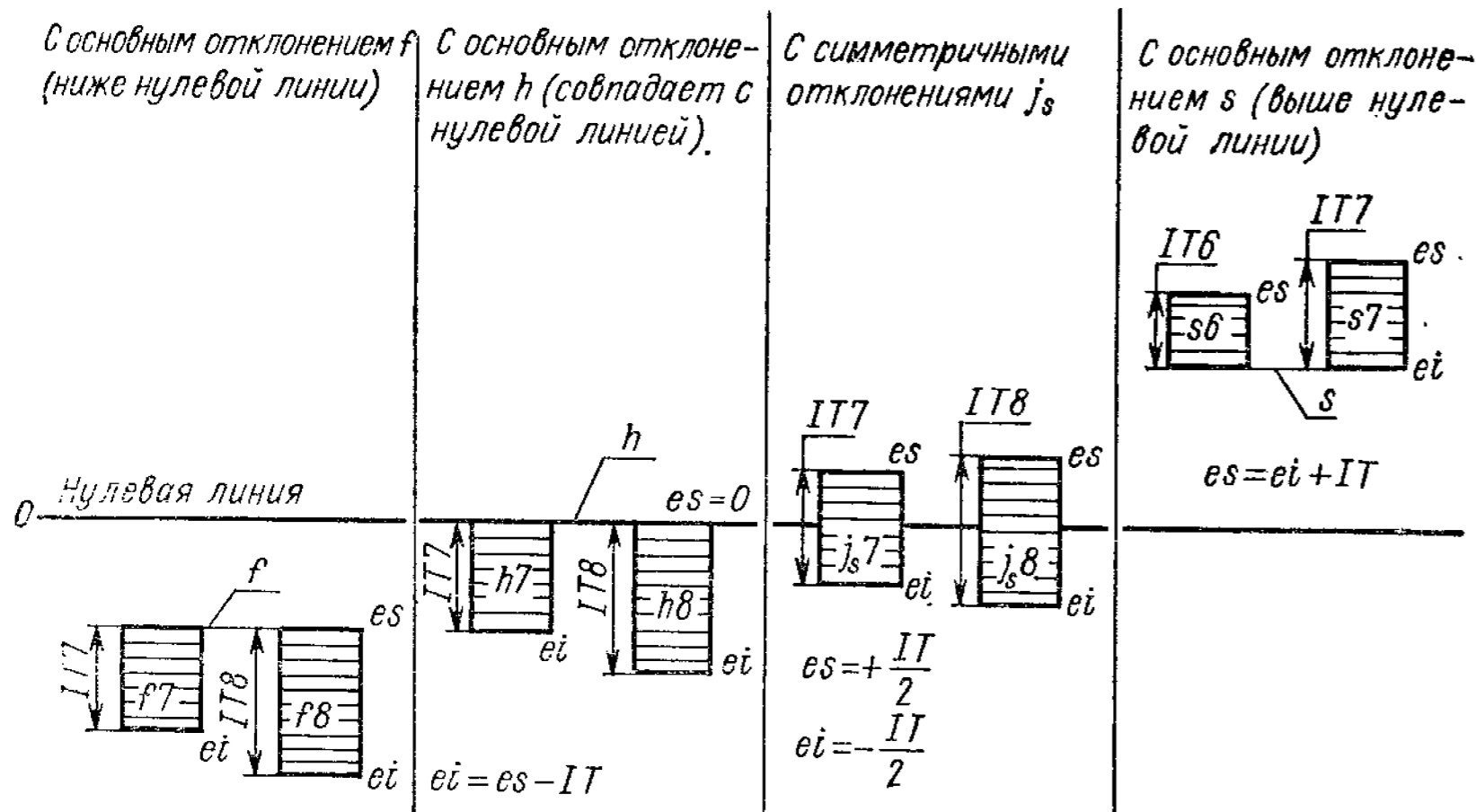


Рис. 3.11. Примеры образования полей допусков валов

Для *сопрягаемых* элементов отборы полей допусков установлены различными для четырех диапазонов номинальных размеров: малых — менее 1 мм; средних — от 1 до 500 мм; больших — св. 500 до 3150 мм; очень больших — св. 3150 до 10 000 мм. Первые три области охватывает СТ СЭВ 144—75, область очень больших размеров — СТ СЭВ 177—75. Эти стандарты СЭВ введены в ГОСТы [29, 30].

Для наиболее важного диапазона размеров (от 1 до 500 мм) отбор полей допусков делится на основной, установленный непосредственно в стандарте [29], и дополнительный, приведенный в обязательном приложении к нему. Из основного отбора полей допусков выделен более узкий ряд полей допусков для предпочтительного применения, позволяющий в наибольшей степени унифицировать изделия и технологическую оснастку.

Для предотвращения необоснованного многообразия в допусках и посадках и повышения экономических показателей устанавливается следующая последовательность выбора полей допусков: а) в первую очередь следует применять предпочтительные поля допусков; б) при невозможности обеспечить конструктивные и технологические требования за счет предпочтительных полей допусков следует применять другие поля допусков из основного отбора; в) в отдельных, технически обоснованных случаях, если применение полей допусков основного отбора не может обеспечить требований, предъявляемых к изделиям, допускается применение дополнительных полей допусков. Следует учитывать, что специализированное производство размерных инструментов и калибров в первую очередь будет ориентироваться на предпочтительные поля допусков и, как правило, не будет распространяться на дополнительные поля допусков.

Стандарты [29, 30] содержат таблицы числовых значений предельных отклонений полей допусков, вошедших в отборы. По основному отклонению и допуску вычислено второе предельное отклонение, ограничивающее данное поле допуска. Если основное

отклонение — верхнее, то нижнее отклонение составляет: для вала  $ei = es - IT$ ; для отверстия  $Ei = ES - IT$ .

Если основное отклонение — нижнее, то верхнее составляет: для вала  $es = ei + IT$ ; для отверстия  $ES = EI + IT$ .

Предельные отклонения основных отверстий при размерах от 1 до 500 мм приведены в табл. 3.3. Предельные отклонения валов в посадках в системе отверстия для этих же размеров — в табл. 3.4.

### 3.4. Поля допусков для деталей из пластмасс

Детали из пластмасс, получившие широкое применение в машиностроении, обладают специфическими физико-механическими свойствами (низким модулем упругости, высоким коэффициентом линейного расширения, способностью изменять размеры в связи с влагопоглощением). Пластмассы перерабатываются в изделия в основном методами прессования и литья под давлением (без снятия стружки). На точность, обеспечиваемую этими методами, большое влияние оказывает колебание усадки материала.

На основании теоретических и экспериментальных работ в рамках СЭВ разработано новое направление стандартизации допусков и посадок для деталей из пластмасс, основные принципы которого, изложенные в СТ СЭВ 179—75, сводятся к следующему [31, 35].

1. Стандартизируются допуски и посадки, указываемые в конструкторской документации и определяющие конечные требования к точности и взаимозаменяемости деталей (так называемые конструкторские допуски).

2. Допуски и посадки деталей из пластмасс разрабатываются на основе и в увязке с системой допусков и посадок, применяемой для металлических деталей. Это обеспечивает единые критерии и сопоставимость точности изготовления деталей из разных материалов, увязку допусков в соединениях, образованных этими деталями, единство условных обозначений и размерной технологической оснастки.

3. Ряды допусков, поля допусков и посадки для деталей из пластмасс отбираются из общей системы допусков и посадок с учетом специфических физико-механических и технологических свойств этих материалов. В необходимых случаях вводятся дополнительные поля допусков (в основном для посадок с большими зазорами и большими натягами при относительно грубых допусках).

СТ СЭВ 179—75 распространяется на гладкие сопрягаемые элементы деталей из пластмасс в соединениях с металлическими или пластмассовыми деталями и несопрягаемые элементы деталей с размерами от 1 до 500 мм и устанавливает для них поля допусков. Основные положения системы допусков и посадок, принятые в ней, числовые значения допусков и основных отклонений, а также правила образования полей допусков и обозначения приняты по СТ СЭВ 145—75.

Для металлических деталей в соединениях с деталями из пластмасс рекомендуется назначать следующие поля допусков по СТ СЭВ 144—75: для валов — h7, h8, h9, h10, h11, h12; для отверстий — H7, H8, H9, H10, H11, H12. Для несопрягаемых размеров предусмотрены поля допусков с отклонениями h, H, j<sub>s</sub> и J<sub>s</sub> до 17-го квалитета, а в приложении к СТ СЭВ 179—75 дополнительно приведены те же поля допусков 18-го квалитета.

Для обеспечения правильного применения СТ СЭВ 179—75 разработан методический материал СЭВ «Технологические рекомендации по применению СТ СЭВ 179—75», в котором установлены дополнительные термины и определения, относящиеся к допускам деталей из пластмасс, технологические допуски, основные факторы, вызывающие неточность размеров деталей из пластмасс, а также методы расчета исполнительных размеров формирующих элементов [34].

### 3.5. Замена полей допусков системы ОСТ при переходе на ЕСДП СЭВ

Справочные данные по замене полей допусков предназначены для использования при проверке взаимозаменяемости деталей и соединений, выполненных в двух системах допусков и посадок — по ОСТ и ЕСДП СЭВ; при переработке технической

документации, выполненной по системе ОСТ; а также при назначении допусков и посадок по ЕСПД СЭВ при новом проектировании по методу аналогии с ранее назначившимися по системе ОСТ.

Данные о замене полей допусков отверстий и валов позволяют сопоставить лишь отдельные детали соединения, а не посадку в целом. Они необходимы, если речь идет об оценке взаимозаменяемости при переходе на ЕСПД СЭВ для отдельно взятых деталей, узлов или их элементов, например присоединительных размеров, запасных деталей. Они позволяют непосредственно судить о соотношении допусков деталей, выполненных по системе ОСТ и ЕСПД СЭВ. Наконец, косвенно по заменам полей допусков деталей можно сделать выводы и о характере замены посадки, образованной этими полями допусков.

Сопоставление полей допусков по ОСТ и ЕСПД СЭВ дано в табл. 3.5, в которой содержатся рекомендуемые замены полей допусков отверстий и валов по системе ОСТ на ближайшие (по величине и расположению) поля допусков по ЕСПД СЭВ. Оказалось возможным указать замену для всех полей допусков по системе ОСТ, так как при разработке СТ СЭВ 144—75 и СТ СЭВ 177—75 были учтены потребности промышленности, применявшей систему ОСТ. Как правило, для каждого поля допуска приводится одна замена. В отдельных случаях, если по числовому значению или расположению поле допуска по системе ОСТ занимает промежуточное положение между двумя ближайшими полями по ЕСПД СЭВ, приводятся две замены, иногда и более.

**Таблица 3.5. Сравнительная таблица полей допусков отверстий и валов по ОСТ и ЕСПД СЭВ для размеров от 1 до 500 мм**

Поле допуска по ОСТ		Соответствующее поле допуска по ЕСПД СЭВ		Поле допуска по ОСТ		Соответствующее поле допуска по ЕСПД СЭВ	
отверстия	вала	отверстия	вала	отверстия	вала	отверстия	вала
$\Gamma_1$		N6	n5	$\Gamma_{2a}$		N8	n7
$T_1$		M6	m5	$T_{2a}$		M8	m7
$H_1$		K6	k5	$H_{2a}$		K8	k7
$P_1$		J6, J <sub>s</sub> 6	j5, j <sub>s</sub> 5	$P_{2a}$		J8, J <sub>s</sub> 8	j7, j <sub>s</sub> 7
$A_1=C_1$   $B_1=C_1$		H6	h5	$A_{2a}=C_{2a}$   $B_{2a}=C_{2a}$		H8	h7
$D_1$		G6	g5	—	$X_{2a}$	—	f8
$X_1$		F7	f6	—	$Pr3_3$	—	z8, x8
$\Gamma_p$		U8	u7	—	$Pr2_3$	—	x8, u8
$Pr$		S7, R7	s6, r6	—	$Pr1_3$	—	u8, s8
—	$Pl$	—	r6, p6	$A_3=C_3$   $B_3=C_3$		H8, H9	h8, h9
$\Gamma$		N7	n6	$X_3$		F9	f9, e9
$T$		M7	m6	$\text{Ш}_3$		D9, D10	d9
$H$		K7	k6	$A_{3a}=C_{3a}$   $B_{3a}=C_{3a}$		H10	h10
$P$		J7, J <sub>s</sub> 7	j6, j <sub>s</sub> 6	$A_4=C_4$   $B_4=C_4$		H11	h11
$A=C$   $B=C$		H7	h6	$X_4$		D11	d11
$D$		G7	g6	$\text{Л}_4$		B11, C11	b11, c11
$X$		F8	f7	$\text{Ш}_4$		A11	a11
$\text{Л}$		E8	e8	$A_5=C_5$   $B_5=C_5$		H12	h12
$\text{Ш}$		D8	d8	$X_5$		B12	b12
—	$TX$	—	c8	$A_7$		H14	h14
—	$Pr2_{2a}$	U8	u8	$A_8$		H15	h15
—	$Pr1_{2a}$	—	s7	$A_9$		H16	h16
							$B_7$
							$B_8$
							$B_9$

Когда предельные отклонения по ЕСПД СЭВ не выходят за соответствующую границу заменяемого поля по системе ОСТ более чем на 10 %, можно считать, что при замене характер посадки практически не изменился и обеспечиваются все исходные требования взаимозаменяемости. Взаимное расположение полей допусков по системе

ОСТ и ЕСПД СЭВ при этих предельных условиях показано на рис. 3.12. Норма 10 % признана странами СЭВ в качестве достаточно надежного критерия обеспечения взаимозаменяемости при сопоставлении двух систем допусков и посадок. Как правило, замены, удовлетворяющие этому условию, не нуждаются в дополнительном анализе или проверке, если исходная посадка или поле допуска по системе ОСТ полностью обеспечивали требования, предъявляемые к изделию.

Технологические условия замены определяются относительной разностью допусков по системам ОСТ и ЕСПД СЭВ. В качестве критерия практической равнозначности этих допусков принято условие, что они отличаются не более чем на  $\pm 20\%$ . При этом условии можно считать, что допуск по ЕСПД СЭВ находится в пределах исходного класса точности системы ОСТ. В тех интервалах размеров, для которых согласно таблицам имеются выходы предельных отклонений за границы поля допуска по системе ОСТ свыше 10 % или исходный допуск изменяется более чем на 20 %, рекомендуется дополнительно проанализировать замену с учетом конкретных конструктивных требований к изделию и технологических условий его изготовления. Анализ производится с учетом служебного назначения того или иного соединения или размера и в первую очередь для ответственных соединений, от которых зависят работоспособность, точность, срок службы и другие эксплуатационные показатели изделия. При анализе сопоставляются непосредственно числовые значения предельных отклонений, зазоров или натягов по системам ОСТ и ЕСПД СЭВ и оценивается влияние изменения этих значений на условия изготовления, сборки и функционирования изделия. Оценка производится на основе имеющихся опытных и статистических данных по применению посадок или расчетов. В отдельных особо ответственных случаях может потребоваться экспериментальная проверка замены. При необходимости замены должны быть согласованы с заказчиком.

В большинстве рекомендуемых замен допуски сохраняются на исходном уровне и замена на допуски ЕСПД СЭВ не требует ужесточения условий производства. Сокращение допусков рекомендуется в основном для полей допусков при заменах посадок с натягом 3-го класса точности. Но в этих случаях сокращение допусков (на 20—25 %) компенсируется повышением однородности натягов в соединении, позволяет уменьшить или исключить подбор деталей перед сборкой. За рубежом посадки с натягом с допусками грубее 8-го качества обычно не применяются.

Сокращение допусков (на 20—25 %) рекомендуется также при замене полей допусков 5-го класса точности (замена полями 12-го качества). Это также повышает качество соединения и отражает опыт применения посадок по системе ИСО, где посадки грубее 11-го качества (соответствуют 4-му классу точности по ОСТ), как правило, не назначаются. Обеспечение допусков по 12-му качеству не должно вызывать технологических затруднений. Для несопрягаемых размеров, если в замене допусков 5-го класса на 12-й качество нет конструктивной необходимости, возможна замена на более широкие допуски по 13-му качеству.

Сокращение допусков (на 20—25 %) рекомендуется также при замене полей допусков 5-го класса точности (замена полями 12-го качества). Это также повышает качество соединения и отражает опыт применения посадок по системе ИСО, где посадки грубее 11-го качества (соответствуют 4-му классу точности по ОСТ), как правило, не назначаются. Обеспечение допусков по 12-му качеству не должно вызывать технологических затруднений. Для несопрягаемых размеров, если в замене допусков 5-го класса на 12-й качество нет конструктивной необходимости, возможна замена на более широкие допуски по 13-му качеству.

### 3.6. Посадки ЕСПД СЭВ

Посадки, т. е. сочетания полей допусков валов и отверстий, как правило, применяются в системе отверстия и в системе вала. В то же время возможно использование и «внесистемных» посадок, образованных сочетанием стандартных полей допусков, которые иногда называют комбинированными.

Применение системы отверстия предпочтительно по экономическим соображениям. Примеры образования посадок в системе отверстия и их условные обозначения показаны на рис. 3.13, а в системе вала — на рис. 3.14. Пример комбинированной посадки: K7/m6. Необходимо показать обозначение скользящей посадки,

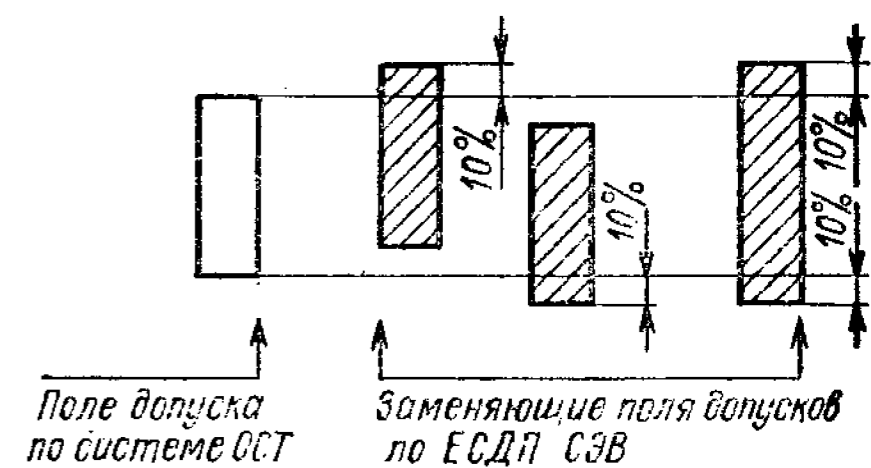


Рис. 3.12. Взаимное расположение полей допусков по системе ОСТ и ЕСПД СЭВ

которая в отличие от системы ОСТ представляет собой сочетание двух основных элементов: основного отверстия и основного вала (например, H11/h11).

Посадки в ЕСДП СЭВ не имеют наименований, подобных принятым в системе ОСТ и характеризующих их назначение. В посадках могут сочетаться поля допусков отверстия и вала одинаковых или разных квалитетов (как правило, больший

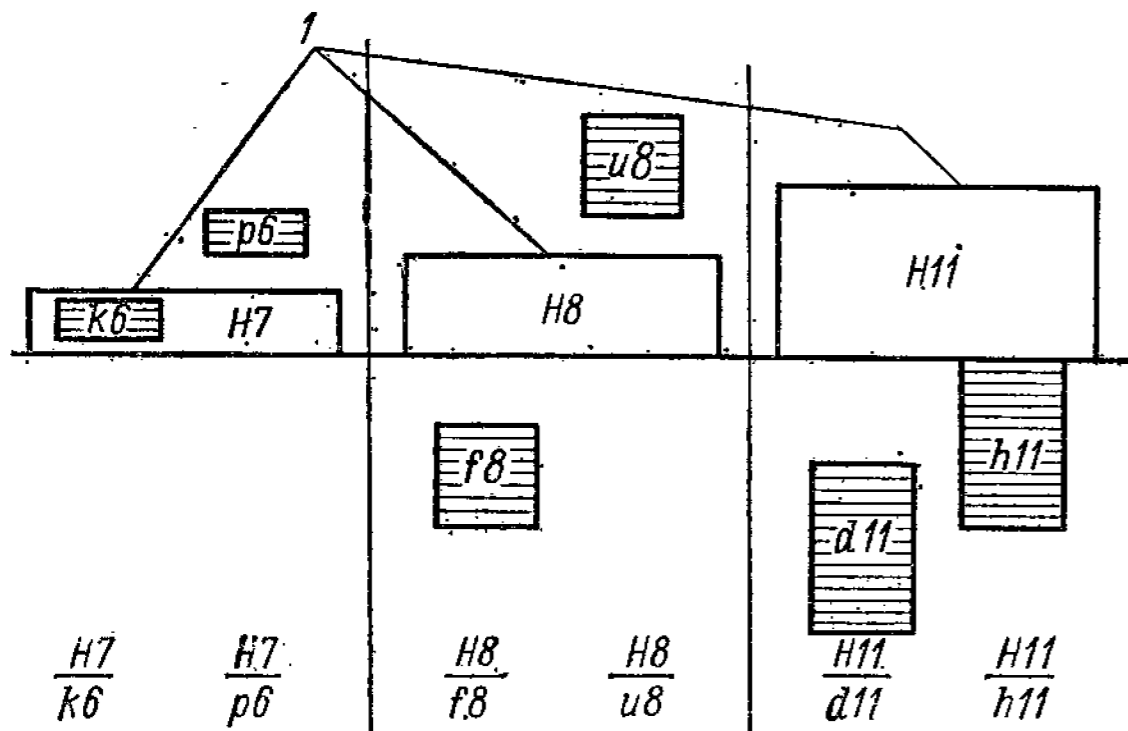


Рис. 3.13. Примеры образования посадок в системе отверстия:

1 — поле допуска основного отверстия (с основным отклонением H)

допуск относят к отверстию), однако допуски отверстия и вала должны отличаться не более, чем на два квалитета. Наиболее рациональные сочетания предпочтительных полей допусков отверстий и валов указаны как предпочтительные посадки и рекомендованы для первоочередного применения.

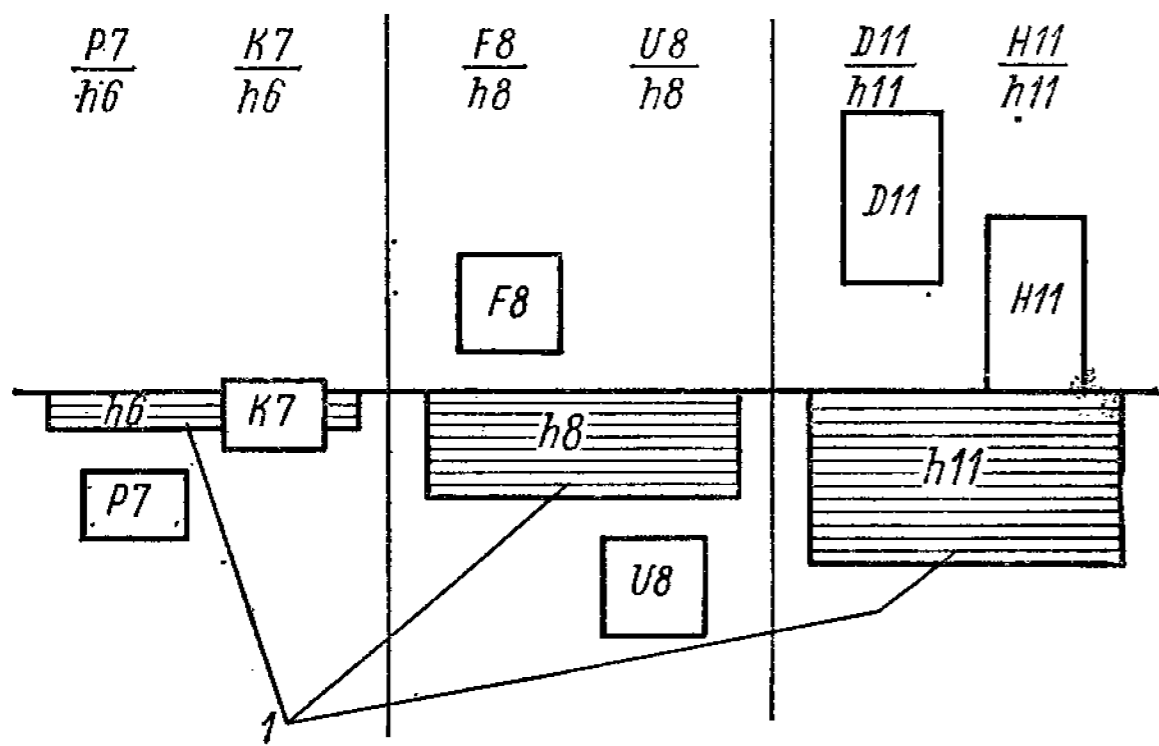


Рис. 3.14. Примеры образования посадок в системе вала:

1 — поле допуска основного вала (с основным отклонением h)

Посадки при размерах от 1 до 500 мм рекомендуется назначать в соответствии с табл. 3.6 (система отверстия) и 3.7 (система вала).

Посадки в соединениях пластмассовых деталей с пластмассовыми и металлическими деталями рекомендуется назначать в соответствии с табл. 3.8 (система отверстия). В соединениях пластмассовых деталей с металлическими рекомендуются посадки в системе отверстия или системе вала, причем в качестве основной принимается металлическая деталь. Допускаются и другие посадки, образованные сочетанием полей допусков валов и отверстий по ГОСТ 25349—82 (СТ СЭВ 179—75). В частности, в соединениях пластмассовых деталей друг с другом, требующих отно-

Таблица 3.6. Система отверстия. Рекомендуемые посадки при размерах от 1 до 500 мм по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75)

Основное отверстие	Основные отклонения валов																	
	с зазором						Посадки						с натягом					
	a	c	d	e	e <sup>+</sup>	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x	y
H5						H5/g4	H5/h4	H5/js4	H5/k4	H5/m4	H5/n4							
H6						H6/g5	H6/h5	H6/js5	H6/k5	H6/m5	H6/n5	H6/p5	H6/r5	H6/s5				
H7			H7/c8	H7/d8	H7/e7; e8	H7/f7	H7/h6	H7/js6	H7/k6	H7/m6	H7/n6	H7/p6	H7/r6	H7/s6; s7	H7/t6	H7/u7		
H8			H8/c8	H8/d8	H8/e8	H8/f7; f8	H8/h7; h8	H8/js7	H8/k7	H8/m7	H8/n7			H8/s7		H8/u8	H8/x8	H8/z8
H9					H9/e8; e9	H9/f8; f9		H9/h8; h9										
H10							H10/h9; h10											
H11	H11/a11	H11/b11	H11/c11				H11/h11											
H12		H12/b12					H12/h12											

Примечание.  — предпочтительные посадки.



Т а б л и ц а 3.7. Система вала. Рекомендуемые посадки при размерах от 1 до 500 мм по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75)

Основ- ной вал	Основные отклонения отверстий																
	A	B	C	D	E	F	G	H	J <sub>s</sub>	K	M	N	P	R	S	T	U
	Посадки																
h4							G5 h4	H5 h4	J <sub>s</sub> 5 h4	K5 h4	M5 h4	N5 h4					
h5						F7 h5	G6 h5	H6 h5	J <sub>s</sub> 6 h5	K6 h5	M6 h5	N6 h5	P6 h5				
h6				D8 h6	E8 h6	F7, F8 h6; h6	G7 h6	H7 h6	J <sub>s</sub> 7 h6	K7 h6	M7 h6	N7 h6	P7 h6	R7 h6	S7 h6	T7 h6	
h7				D8 h7	E8 h7	F8 h7		H8 h7	J <sub>s</sub> 8 h7	K8 h7	M8 h7	N8 h7					U8 h7
h8				D8, D9 h8; h8	E8, E9 h8; h8	F8, F9 h8; h8		H8, H9 h8; h8									
h9				D9, D10 h9; h9	E9 h9	F9 h9		H8, H9, H10 h9; h9; h9									
h10				D10 h10				H10 h10									
h11	A11 h11	B11 h11	C11 h11	D11 h11				H11 h11									
h12		B12 h12						H12 h12									

Пр и м е ч а н и е.   — предпочтительные посадки.

Т а б л и ц а 3.8. Система отверстия. Рекомендуемые посадки для деталей из пластмасс по ГОСТ 25349—82 (СТ СЭВ 179—75)

Основ- ное отверстие	Основные отклонения валов																		
	av1	az1	a	b	c	d	e	f	g	h	k	u	x	(y)	z	za	zb	zc	(ze)
	Посадки																		
H8					H8 c8	H8 d8	H8 e8	H8 f8	H8 g8	H8 h8	H8 k8	H8 u8	H8 x8		H8 z8				
H9					H9 d9	H9 e9	H9 f9	H9 g9	H9 h9	H9 k9	H9 x9	H9 y9	H9 z9			H9 za10	H9 zb10		
H10					H10 d10					H10 h10	H10 k10			(H10 y10)	H10 z10	H10 za10	H10 zb10	(H10 zc10)	(H10 ze11)
H11	(H11 ay11)	(H11 az11)	H11 a11	H11 b11	H11 c11	H11 d11				H11 h11	H11 k11							H11 zc11	(H11 ze11)
H12				H12 b12						H12 h12									
H13										H13 h13									

Пр и м е ч а н и е. В скобках указаны посадки, образованные из дополнительных полей допусков валов по СТ СЭВ 179—75.

нительно больших зазоров и натягов, могут быть применены комбинированные посадки, образованные полями допусков валов из системы отверстия и полями допусков отверстий из системы вала. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка в ЕСДП СЭВ может быть: с зазором, с натягом, переходной (возможен как зазор, так и натяг).

### 3.7. Замена посадок системы ОСТ при переходе на ЕСДП СЭВ

Сопоставление и замена посадок в системах ОСТ и ЕСДП СЭВ облегчаются тем, что в обеих системах предпочтительно применяются посадки в системе отверстия или системе вала и принято одно и то же расположение полей допусков основных отверстий и основных валов относительно нулевой линии (нижние отклонения основных отверстий и верхние отклонения основных валов равны нулю).

При замене посадок возможны три случая: 1) полное совпадение входящих в посадку полей допусков; 2) отличия в пределах 10 %; 3) выход за границу поля допуска более 10 %.

В общем случае заменяемость посадок считается хорошей, если при выходе зазоров (натягов) в посадке по ЕСДП СЭВ за пределы поля допуска посадки по системе ОСТ относительная разность сопоставляемых предельных зазоров (натягов) не превышает 10 % от допуска посадки по системе ОСТ или если допуск посадки по ЕСДП СЭВ сокращен по сравнению с допуском посадки по системе ОСТ не более чем на 20 %. Соответствие посадок систем ОСТ и ЕСДП СЭВ и рекомендуемые замены приведены в табл. 3.9. Рекомендуемые замены посадок для деталей из пластмасс приведены в табл. 3.10.

Таблицы замен посадок увязаны с таблицами замен полей допусков отверстий и валов. Как правило, показатели сопоставления систем ОСТ и ЕСДП СЭВ для посадок лучше, чем для отдельных полей допусков отверстия и вала. Например, при размерах от 1 до 500 мм поле допуска отверстия H9 в среднем на 25 % выходит за границы поля допуска отверстия A<sub>3</sub>, но в сочетании с валом h8 дает посадку H9/h8, предельные зазоры которой практически совпадают с зазорами в посадке A<sub>3</sub>/C<sub>3</sub>. Особо следует подчеркнуть неполную однозначность посадок в системе ОСТ и основных отклонений, определяющих характер посадок в ЕСДП СЭВ. Например, для интервала размеров 18—30 мм посадка H7/p6 будет с гарантированным натягом, однако при выборе отверстия 8-го качества посадка H8/p6 становится переходной, обеспечивающей как натяги, так и зазоры.

Следует обратить внимание на замены посадок в ответственных «изнашиваемых» соединениях, т. е. таких, характер которых изменяется в процессе эксплуатации изделий либо из-за износа трущихся поверхностей, либо из-за ослабления неподвижных соединений. Посадки изнашиваемых соединений влияют на долговечность машин, лимитируют длительность нормальной работы изделия до необходимости в ремонте. При замене посадок в изнашиваемых соединениях необходимо проанализировать на основе статистических данных, экспериментов или расчетов, обеспечивали ли ранее назначенные посадки по ОСТ достаточные запасы на износ в подвижных соединениях или на прочность в неподвижных соединениях. Если такие запасы были недостаточны, то посадки по системе ОСТ целесообразно заменять такими посадками по ЕСДП СЭВ, при которых создаются необходимые дополнительные запасы. Повышение запаса на износ играет такую же большую роль, как и повышение исходного качества материала и упрочнение его известными технологическими методами в целях повышения износоустойчивости деталей.

Если в посадках по системе ОСТ запас на износ в эксплуатации не всегда предусматривался, то это означало, что в этих случаях наибольшие запасы близки к предельным зазорам в эксплуатации и такие машины близки к состоянию износа, еще не поступив в эксплуатацию. В лучшем случае увеличение запаса на износ образуется при неполном использовании допусков на изготовление отверстия и вала. Запас на износ в эксплуатации особо актуален для посадок, связанных с быстроизнашиваемыми деталями (запасными частями), которые, как известно, подвер-

Т а б л и ц а 3.9. Система отверстия. Рекомендуемые замены посадок системы ОСТ посадками ЕСДП СЭВ для размеров от 1 до 500 мм [35]

Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка по ЕСДП СЭВ	Интервалы размеров (мм), в которых при замене	
			допуск посадки сокращается по сравнению с допуском посадки по системе ОСТ более чем на 20 %	зазор или натяг может выйти за пределы поля допуска посадки по системе ОСТ более чем на 10 % от этого допуска
Класс 1	$A_1^*/Pp2_1$ $A_1^*/Pp1_1$ $A_1/\Gamma_1$	H6*/s5 H6*/r5 H6/n5 [H6/p5]	— — —	— От 1 до 3 От 1 до 3
	$A_1/\Gamma_1$	H6/m5 [H6/n5]	—	От 1 до 3 Св. 250 » 260 » 315 » 360
	$A_1/H_1$	H6/k5	—	Св. 315 до 360
	$A_1/P_1$	H6/js5	—	Св. 250 до 260 » 315 » 360 » 400 » 500
		(H6/j5)	—	Св. 80 до 500
	$A_1/C_1$	H6/h5	—	Св. 250 до 260 » 315 » 360 » 400 » 500
	$A_1/D_1$	H6/g5	—	Св. 250 до 260 » 315 » 360 » 400 » 500
	$A_1^*/X_1$	H6*/f6	—	Св. 250 до 260 » 315 » 360
Класс 2	$A/\Gamma p$	H7/u7	—	Св. 6 до 10 » 24 » 220 » 225 » 310 » 315 » 440 » 450 » 500
		(H7/t7) (св. 24 до 500)	—	Св. 40 до 500
	$A/Pp$	H7/r6 (от 1 до 120)	—	От 1 до 3 Св. 80 » 120

Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка по ЕСП СЭВ	Интервалы размеров (мм), в которых при замене	
			допуск посадки сокращается по сравнению с допуском посадки по системе ОСТ более чем на 20 %	зазор или натяг может выйти за пределы поля допуска посадки по системе ОСТ более чем на 10 % от этого допуска
Класс 2	A/Pr	H7/s6 (от 1 до 3 и св. 80 до 500)	—	От 1 до 3 Св. 80 » 150 » 160 » 180 » 200 » 220 » 250 » 260 » 310 » 315 » 355 » 500
	A/Pl	H7/p6 (от 1 до 120)	—	От 1 до 3 Св. 80 » 120
		H7/r6 (от 1 до 3 и св. 80 до 500)	—	Св. 160 до 180 » 225 » 260 » 355 » 400
	A/G A/T A/H	H7/n6 [H7/p6] H7/m6 [H7/n6] H7/k6	— — —	От 1 до 3 » 1 » 3 —
	A/P	H7/js6 (H7/j6)	— —	— —
	A/C	H7/h6	—	Св. 250 до 260
	A/D	H7/g6	—	Св. 260 до 315 » 360 » 400
	A/X	H7/l7	—	Св. 180 до 315 » 360 » 400
	A/L	H7/e8	—	От 1 до 3 Св. 120 » 500
	A/Ш	H7/d8	—	Св. 250 до 260
	A*/TX	H7 */c8	—	Св. 220 до 225 » 250 » 280 » 310 » 315 » 355 » 360 » 400 » 450

Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка по ЕСП СЭВ	Интервалы размеров (мм), в которых при замене		
			допуск посадки сокращается по сравнению с допуском посадки по системе ОСТ более чем на 20 %	зазор или натяг может выйти за пределы поля допуска посадки по системе ОСТ более чем на 10 % от этого допуска	
Класс 2а	A <sub>2a</sub> */Pr <sub>2a</sub>	H8*/u8	—	Св. 200 до 225 » 250 » 280 » 310 » 315 » 355 » 450	
	A <sub>2a</sub> */Pl <sub>2a</sub>	H8*/s7	—	Св. 250 до 260 » 310 » 315 » 355 » 400 » 440 » 450	
	A <sub>2a</sub> */Г <sub>2a</sub> A <sub>2a</sub> */T <sub>2a</sub> A <sub>2a</sub> */H <sub>2a</sub>	H8*/n7 H8*/m7 H8*/k7	— — —	— — —	
	A <sub>2a</sub> */P <sub>2a</sub>	H8/js7 (H8/j7)*	— —	От 1 до 3 —	
	A <sub>2a</sub> */C <sub>2a</sub>	H8*/h7	—	—	
	A <sub>2a</sub> */X <sub>2a</sub>	H8*/f8	—	Св. 250 до 260 » 315 » 360	
	Класс 3	A <sub>3</sub> /Pr <sub>3</sub>	H8/z8 (св. 18 до 100)	Св. 18 до 100	Св. 18 до 24 » 65 » 100
			H8/x8 (св. 50 до 500)	Св. 50 до 180 » 360 » 400	Св. 50 до 65 » 140 » 150 » 160 » 180 » 200 » 220 » 225 » 500
H8/u8 (св. 225 до 500) (H8/zb8) (св. 6 до 18) (H8/za8) (св. 10 до 18)			Св. 360 до 400 Св. 6 до 18 Св. 10 до 18	Св. 225 до 500 Св. 14 до 18 —	
A <sub>3</sub> /Pr <sub>23</sub>		H8/z8 (св. 6 до 30) H8/x8 (св. 6 до 50)	Св. 6 до 30 Св. 6 до 50	Св. 24 до 30 Св. 40 до 50	

Продолжение табл. 3.9

Продолжение табл. 3.9

Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка по ЕСПД СЭВ	Интервалы размеров (мм), в которых при замене	
			допуск посадки сокращается по сравнению с допуском посадки по системе ОСТ более чем на 20 %	зазор или натяг может выйти за пределы поля допуска посадки по системе ОСТ более чем на 10 % от этого допуска
Класс 3	$A_3/Pr2_3$	H8/u8 (св. 30 до 500)	Св. 30 до 180 » 360 » 400	Св. 250 до 260 » 355 » 360 » 400 » 440
	$A_3/Pr1_3$	H8/x8 (св. 3 до 30) H8/u8 (св. 3 до 100)	Св. 3 до 30 » 3 » 100	— Св. 6 до 10 » 65 » 100
		H8/s7 (св. 65 до 500) H8/s8 (св. 65 до 500)	Св. 65 до 500 » 65 » 180 » 360 » 400	— —
		$A_3/C_3$	H8/h8	От 1 до 180 Св. 360 » 400
	H9/h8		—	Св. 250 до 260 » 315 » 360
	H8/h9		—	—
	H9/h9		—	От 1 до 500
	$A_3/X_3$	H8/f9	—	Св. 180 до 250 » 260 » 500
		H9/f9	—	Св. 180 до 500
		H9/e8	—	Св. 250 до 260 » 315 » 360
		H8/e9	—	—
	$A_3/Ш_3$	H8/d9	От 1 до 250 Св. 260 » 315 » 360 » 400	Св. 360 до 400
		H9/d9	—	Св. 250 до 260 » 360 » 400
		H8/d10	—	Св. 250 до 260 » 315 » 400

Класс точности по системе ОСТ	Посадка по системе ОСТ	Рекомендуемая для замены посадка по ЕСПД СЭВ	Интервалы размеров (мм), в которых при замене		
			допуск посадки сокращается по сравнению с допуском посадки по системе ОСТ более чем на 20 %	зазор или натяг может выйти за пределы поля допуска посадки по системе ОСТ более чем на 10 % от этого допуска	
Класс 3а	$A_{3a}^*/C_{3a}$	H10*/h10	—	Св. 250 до 260	
Класс 4	$A_4/C_4$ $A_4/X_4$	H11/h11 H11/d11	— —	— Св. 250 до 260 » 315 » 360 » 400 » 500	
		$A_4/L_4$	H11/b11	—	Св. 3 до 18 » 200 » 500
	H11/c11 (от 1 до 18 и св. 160 до 500)		—	Св. 400 до 500	
	$A_4/Ш_4$		H11/a11	—	От 1 до 18 Св. 50 » 65 » 80 » 140 » 200 » 500
			H11/b11 (от 1 до 18 и св. 200 до 500)	—	От 1 до 18 Св. 200 » 500
	Класс 5	$A_5/C_5$	H12/h12	Св. 3 до 250 » 260 » 315 » 360 » 400	—
$A_5/X_5$			H12/b12	Св. 3 до 250 » 260 » 315 » 360 » 400	От 1 до 3 Св. 400 » 500

Примечания: 1. Замена возможна во всем диапазоне размеров, установленном для заменяемой посадки по системе ОСТ. Для тех посадок по СТ СЭВ 144—75, которые могут быть использованы для замены посадок по системе ОСТ в ограниченном диапазоне размеров, этот диапазон указан в скобках. 2. В скобках отмечены посадки по СТ СЭВ 144—75, в которых использованы поля допусков из дополнительного набора. 3. Знаком \* отмечены посадки по системе ОСТ, введенные из системы ИСО, и соответствующие им посадки ИСО. 4. В квадратных скобках приведена возможная замена посадок в интервале от 1 до 3 мм.



Таблица 3.10. Система отверстия и система вала.  
Рекомендуемые замены посадок для деталей из пластмасс  
по ГОСТ 11710—66 посадками по ГОСТ 25349—82 (СТ СЭВ 179—75)

Группа посадок	Посадки в системе отверстия		Посадки в системе вала		Интервалы размеров, в которых возможна замена, мм	Характеристика замены		
	по ГОСТ 11710—66	Рекомендуемая для замены посадка по ГОСТ 25349—82	по ГОСТ 11710—66	Рекомендуемая для замены посадка по ГОСТ 25349—82				
С натягом	A <sub>3a</sub> /Pr2 <sub>3a</sub>	H10/zc10	Pr2 <sub>3a</sub> /B <sub>3a</sub>	ZC10/h10	От 1 до 24	Допуски посадок сохраняются на исходном уровне; предельные натяги в отдельных случаях выходят за пределы поля допуска посадки по ГОСТ 11710—66 более чем на 20% от этого допуска		
		H10/zb10		ZB10/h10	Св. 14 до 80			
		H10/za10		ZA10/h10	Св. 40 до 315			
		H10/z10		Z10/h10	Св. 140 до 500			
	A <sub>3a</sub> /Pr1 <sub>3a</sub>	H10/za10	Pr1 <sub>3a</sub> /B <sub>3a</sub>	ZA10/h10	Св. 30 до 100			
		H10/z10		Z10/h10	Св. 50 до 120			
		H10/y10		Y10/h10	Св. 100 до 315			
		H10/x10		X10/h10	Св. 200 до 500			
	A <sub>4</sub> /Pr2 <sub>4</sub>	H11/ze11	Pr2 <sub>4</sub> /B <sub>4</sub>	ZE11/h11	От 1 до 500			
	A <sub>4</sub> /Pr1 <sub>4</sub>	H11/ze11	Pr1 <sub>4</sub> /B <sub>4</sub>	ZE11/h11	От 1 до 50			
		H11/zc11		ZC11/h11	Св. 30 до 500			
	Переходные	A <sub>3</sub> /H <sub>3</sub>	H8/k8	H <sub>3</sub> /B <sub>3</sub>	N8/h8		От 1 до 500	Допуски посадок сокращаются на 20—25%; предельные зазоры и натяги выходят за пределы поля допуска посадки по ГОСТ 11710—66 на 10—12% от этого допуска
H9/k8						N9/h8		
		H9/k9	N9/h9					
H8/k8				N8/h8				
					H9/k8	N9/h8		

Группа посадок	Посадки в системе отверстия		Посадки в системе вала		Интервалы размеров, в которых возможна замена, мм	Характеристика замены
	по ГОСТ 11710—66	Рекомендуемая для замены посадка по ГОСТ 25349—82	по ГОСТ 11710—66	Рекомендуемая для замены посадка по ГОСТ 25349—82		
Переходные	A <sub>3</sub> /H <sub>3</sub>	H9/k9	H <sub>3</sub> /B <sub>3</sub>	N9/h9	От 1 до 500	Допуски посадок расширяются на 20—25%; предельные зазоры и натяги выходят за пределы поля допуска посадки по ГОСТ 11710—66 на 10—15% от этого допуска
	A <sub>3a</sub> /H <sub>3a</sub>		H <sub>3a</sub> /B <sub>3a</sub>			
С зазором	A <sub>4</sub> /Ш <sub>4</sub>	H11/az11	Ш <sub>4</sub> /B <sub>4</sub>	AZ11/h11	Св. 3 до 500	Допуски посадок сохраняются на исходном уровне; предельные зазоры в отдельных случаях выходят за пределы поля допуска посадки по ГОСТ 11710—66 более чем на 20% от этого допуска
	A <sub>4</sub> /Ш <sub>2</sub>		Ш <sub>2</sub> /B <sub>4</sub>	AZ11/h11	Св. 3 до 30 и св. 200 до 500	
		H11/ay11		AY11/h11	Св. 30 до 315	

гаются износу ранее других деталей и фактически лимитируют сроки очередных ремонтов машин. Запас на износ в эксплуатации или увеличение запаса на износ трущихся поверхностей можно образовать уменьшением наибольшего зазора в посадке по ЕСДП СЭВ по сравнению с посадкой по системе ОСТ с тем, чтобы в процессе эксплуатации эта разница зазоров могла бы быть использована на увеличение срока службы. Увеличение запаса на износ при замене полей допусков иллюстрируется рис. 3.15, а.

Запас прочности неподвижных соединений можно образовать увеличением наименьшего натяга в сравнении с посадкой по системе ОСТ (рис. 3.15, б). Запас прочности актуален в связи с трудностью выявления отклонений от правильной геометрической формы элементов неподвижного соединения, приводящих к ослаблению прессового соединения. Особенно это относится к отклонениям формы отверстия, не выявляемым при контроле отверстий полной непроходной пробкой. Запас прочности важен также при перезапрессовках.

Повышение запасов на износ в эксплуатации, как и запасов прочности в конечном счете достигается за счет некоторого повышения требований к точности обработки (некоторого ужесточения допусков) и резервирования таким образом части прежних допусков (по системе ОСТ) для повышения сроков службы машин. При предварительном опросе предприятий эффективность создания запасов на

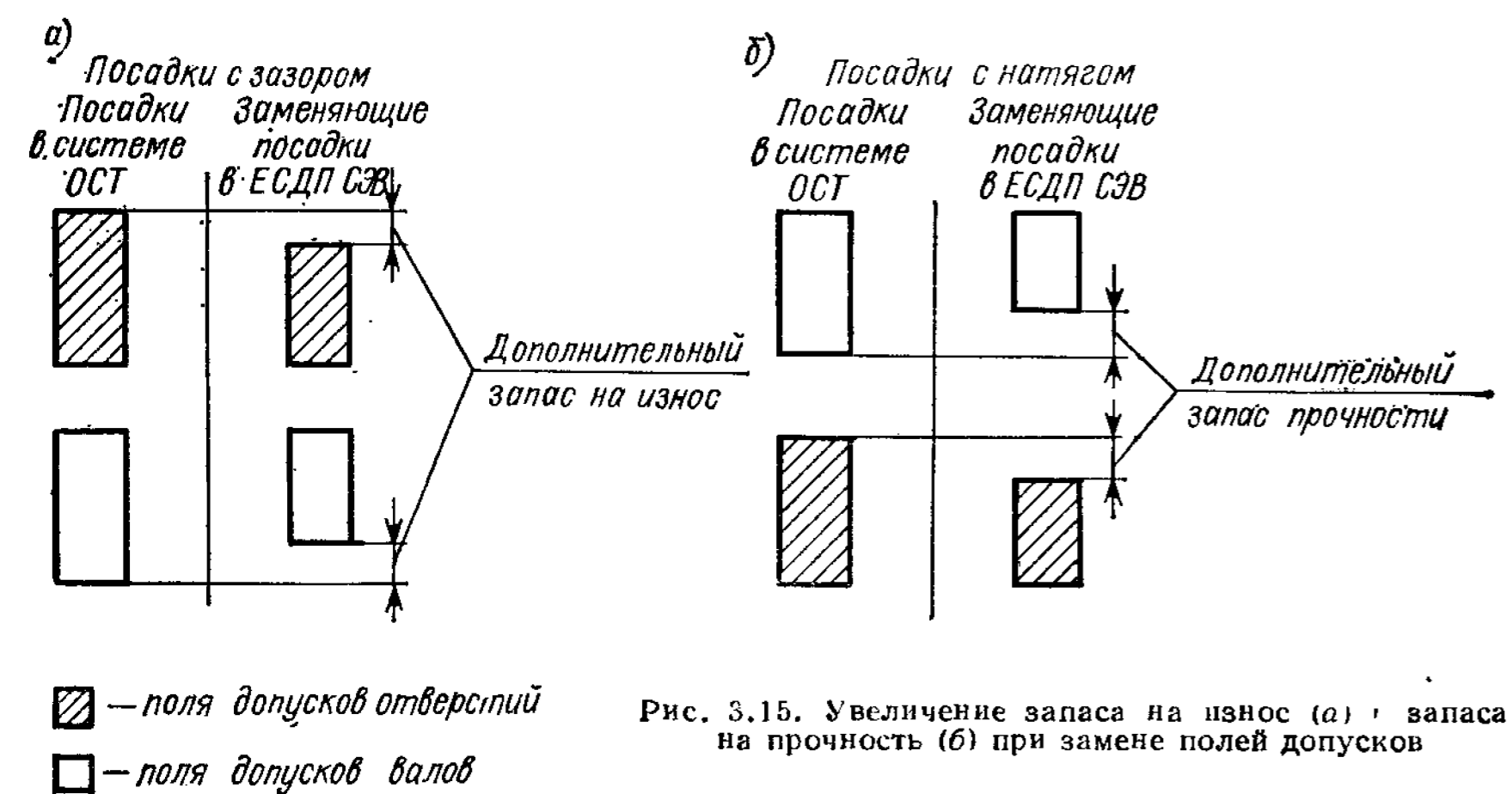


Рис. 3.15. Увеличение запаса на износ (а) и запаса на прочность (б) при замене полей допусков

износ или прочность соединений была оценена ориентировочно повышением срока службы машин на 30—50 %. Некоторые затраты, вызываемые при этом повышением требований к точности обработки, следует относить не к внедрению ЕСПД СЭВ, а связывать с повышением надежности (долговечности и др.) изделий и сопоставлять с народнохозяйственным эффектом, получаемым в процессе эксплуатации изделий.

### 3.8. Характеристика и области применения посадок по ЕСПД СЭВ

На основании исследования применяемых посадок в соединениях разных машин и рациональной замены их посадками ЕСПД СЭВ, а также анализа и обобщения литературных данных об опыте применения посадок в СССР и за рубежом получены следующие рекомендации по применению посадок.

**Посадки с зазором.** Посадки с зазором (см. рис. 3.4) наиболее распространены. ЕСПД СЭВ предусматривает 40 рекомендованных посадок в системе отверстия (11 из них предпочтительные) и 39 посадок в системе вала (6 из них предпочтительные).

Посадки типа Н/н — самые распространенные. Они установлены во всех квалитетах, предусматривающих рекомендуемые посадки, т. е. в 4—12 квалитетах (см. табл. 3.6). Посадки называют скользящими; это самые плотные из всех свободных посадок, они обеспечивают минимальные зазоры в соединении (гарантированный наименьший зазор равен нулю). Скользящие посадки при средних значениях дают соединения с зазором, пригодные для подвижных соединений центрирующих втулок, плунжеров, направляющих штоков и т. п., работающих при малых скоростях. Их широко используют для центрирования легкоразъемных неподвижных соединений; если требования к точности центрирования невелики, передача усилий или моментов обеспечивается дополнительным креплением (штифты, шпонки и т. д.).

Посадки Н5/н4 и Н6/н5 (высокой точности) применяются для особо точного центрирования, например для соединения панели с корпусом задней бабки токарного станка. В общем машиностроении применяются редко.

Посадка Н7/н6 применяется при высоких требованиях к центрированию часто разбираемых или регулируемых соединений. Примеры использования: сменные зубчатые колеса на валах станков, центрирующие корпуса под подшипники качения, поршневой шток в направляющих втулках, кулачки на валах, фрезы на оправках, фрикционные муфты, центрирующие выступы в гнездах. Кроме того, эту посадку иногда применяют для подвижных соединений с короткими рабочими ходами, с целью повышения точности направления вместо посадки с гарантированным зазором Н7/г6.

Посадка Н8/н7 используется для центрирующих поверхностей при пониженных требованиях к соосности. Обеспечивает большую легкость сборки и регулирования узла.

Посадки Н8/н8, Н8/н9, Н9/н8, Н9/н9 широко применяются для неподвижно закрепляемых деталей при невысоких требованиях к точности механизмов, небольших нагрузках и необходимости обеспечить легкую сборку (шкивы, муфты, зубчатые колеса и другие детали, соединяющиеся с валом при помощи шпонок; корпуса подшипников качения, центрирование фланцевых соединений и т. п.); в подвижных соединениях — при медленных или редких вращательных и поступательных перемещениях (ползуны на шпонках включающих механизмов, соединительные муфты, поршни и поршневые золотники в цилиндрах).

Посадки Н10/н9, Н10/н10, Н11/н11, Н12/н12 (пониженной точности) применяются для неточных соединений, центрирования фланцев и крышек, соединения арматуры, для крышек насосов, для крышек сальников в корпусах, для звездочек тяговых цепей и цепных передач на валах, для независимых сопряжений распорных втулок с валами, для соединений под расклепку, пайку, сварку. В подвижных соединениях — для соединений роликов на валах, для посадок при большой длине сопряжения, например шпindel-гильза шпindelной бабки токарного автомата.

Посадки типа Н/г гарантируют небольшой зазор, изменяющийся с увеличением диаметра. Это посадки свободные, обеспечивающие взаимное осевое перемещение сопряженных деталей при сохранении высокой точности центрирования; они очень чувствительны к увеличению зазора, поэтому их применяют лишь в точных квалитетах. Рекомендованных посадок в системе отверстия три: Н5/г4, Н6/г5 и Н7/г6, последняя предпочтительная.

Посадка Н6/г5 является дорогостоящей, поэтому в случаях, допускающих снижение требований к точности центрирования подвижных деталей, она заменяется посадкой Н7/г6 сравнительно легкой технологической выполнимости. Применяют ее в подвижных соединениях для обеспечения герметичности (золотник во втулке пневматической сверлильной машины), точного направления или при коротких ходах (клапаны в клапанной коробке); для установки сменных кондукторных втулок и заготовок на установочных пальцах приспособлений, поршней в цилиндрах (пневматических и др.), шпинделей точных станков и делительных головок в направляющих; для центрирующих соединений подвижных элементов в штампах, передвижных шестерен на валах коробок передач.

Посадки типа Н/и гарантируют зазор, достаточный для вращения соединяемых деталей со средней скоростью.

Посадка Н7/и7 является типичной ходовой и предназначается для подвижных соединений, когда необходимо обеспечить легкодостижимую посадку высокого качества. В системе ЕСПД СЭВ эта посадка предпочтительна. Типовые случаи применения этой посадки: подшипники скольжения для всех легких и средних машин, например подшипники в коробках передач; подшипники зубчатых колес и шкивов, свободно вращающихся на осях; подшипники центробежных насосов; коренные подшипники в двигателях внутреннего сгорания и поршневых компрессорах.

В других квалитетах эти посадки рекомендуются в следующих сочетаниях: Н6/и6 — в подвижных соединениях с повышенными требованиями к точности центрирования. Если требования к точности центрирования снижены, то применяют посадки Н8/и7, Н8/и8, Н8/и9, Н9/и8, Н9/и9, например для направления поршневых и золотниковых штоков в сальниках, центрирования крышек цилиндров, в подшипниках скольжения, работающих в жидкостном или полужидкостном режимах трения.

Более подробные рекомендации по применению посадок Н/и приведены в работе [37].

Посадки типа Н/е — свободные, могут применяться в 6, 7, 8, 9-м качествах в зависимости от интенсивности режима, точности центрирования, относительной трудоемкости обработки посадочных поверхностей отверстия и вала, требуемой долговечности.

Оптимальной посадке соответствует комбинация полей допусков Н8/е8. Она предпочтительна в ЕСДП СЭВ и применяется в качестве легкоподвижной посадки, обеспечивающей легкоподвижное соединение, допускающее радиальное перемещение без значительных перепадов (например, в опорах, удаленных друг от друга), биение сопрягаемых поверхностей (например, в подшипниках многоопорных валов). Применяется также в механизмах малой точности: как в подшипниках скольжения, работающих в жидкостном или полужидкостном режимах трения, так и в направляющих осевых перемещений, в опорах валов турбогенераторов и центробежных насосов, в подшипниках коренных шеек коленчатых валов.

Посадки пониженной точности Н8/е9, Н9/е8 и Н9/е9 применяются в подшипниках скольжения неотвественных машин.

Посадки типа Н/д дают легкоподвижные соединения общего применения, которые допускают радиальное перемещение и компенсируют погрешности взаимного расположения трущихся поверхностей вследствие перекоса и прогиба вала, погрешности формы в осевом и радиальном сечениях, эксцентриситетов опор и шеек вала в многоопорных конструкциях. Они используются в тех случаях, когда необходимо компенсировать погрешности сборки или температурные деформации. Точные посадки Н7/д8, Н8/д8 имеют ограниченное использование. Они применяются для точных соединений, работающих при значительном перепаде температур и тяжелых режимах работы, например в подшипниках турбин, валков прокатных станков и т. д.

Посадки Н8/д9 и Н9/д9 (предпочтительные) используются при монтаже приводных валов в подшипниках, для соединения холостых шкивов с валами и в других аналогичных случаях.

Посадки низкой точности Н10/д10, Н11/д11 применяются в случае неточных подвижных соединений.

Посадки типов Н/а, Н/б, Н/с характеризуются очень большими гарантированными зазорами. Применяются в основном в грубых качествах (11-м и 12-м), в связи с чем колебания зазоров очень велики. Они используются для грубых соединений, требующих свободной сборки, для обеспечения относительного перемещения деталей в условиях загрязнения, для компенсации погрешностей сборки и температурных деформаций.

**Посадки с натягом.** Посадки с натягом (см. рис. 3.5) в цилиндрических соединениях применяются для образования неподвижных соединений без дополнительных креплений и с дополнительными креплениями шпонками, штифтами и другими средствами. Неподвижность соединения достигается за счет напряжений, возникающих в материале сопрягаемых деталей вследствие деформации контактных поверхностей. Выбор посадки производится из условия, что при наименьшем натяге обеспечивается прочность соединения и передача нагрузки, а при наибольшем — прочность деталей. Для выбора посадок с натягом производится расчет и рекомендуется экспериментальная проверка, особенно в массовом производстве. Специфика выбора посадок с натягом для соединений деталей малых размеров, средних и больших изложена в работе [37].

ЕСДП СЭВ предусматривает для размеров от 1 до 500 мм тринадцать рекомендуемых посадок с натягом в системе отверстия (см. табл. 3.6) и шесть рекомендуемых посадок в системе вала (см. табл. 3.7). Рекомендуемые посадки с натягом могут быть разделены на три группы.

**Тяжелые и особо тяжелые посадки,** к которым относятся Н/и, Н/х, Н/з, характеризуются большим гарантированным натягом и значительным его колебанием. Предназначаются они для передачи больших усилий и моментов при тяжелых условиях работы без дополнительного крепления. Посадки этой группы обычно не рассчитывают: рекомендуется опытная проверка назначенной посадки. Для уменьшения колебания натяга в соединении практикуется сортировка деталей по размерам и селективная сборка. ЕСДП СЭВ предусматривает в системе отверстия четыре рекомендуемые посадки. Посадки Н7/и7, Н8/и8 применяются чаще в соединениях без крепежных деталей при значительных нагрузках, в том числе знакопеременных, или с крепежными деталями при очень больших нагрузках, например в вагонных

колесах на осях, в установочных штифтах в станочных приспособлениях, в несъемных муфтах на концах валов прокатных станков, в седле клапана в головке блока цилиндров грузового автомобиля и др. Посадки Н8/х8 и Н8/з8 применяются в неразъемных соединениях, работающих в условиях переменных нагрузок, ударов и вибраций. Среди этой группы посадок предпочтительных нет.

**Средние посадки** Н/г, Н/с, Н/т и аналогичные посадки в системе вала гарантируют получение натяга средней величины. Соединение в состоянии передать довольно значительные крутящие моменты и усилия без дополнительного крепления. В системе отверстия к ним относятся семь рекомендуемых посадок: Н6/г5, Н7/г6, Н6/с5, Н7/с6, Н7/с7, Н8/с7 и Н7/т6, из которых две (Н7/г6 и Н7/с6) являются предпочтительными. Средние посадки применяются для запрессовки втулок в шкивы и зубчатые колеса, для соединения кондукторных втулок с корпусом кондуктора, для закрепления зубчатых колес на валах коробок скоростей, для установки бронзовых венцов червячных колес и т. п.

**Легкие посадки** Н/р обеспечивают минимальный гарантированный натяг и применяются для соединения тонкостенных деталей при передаче небольших моментов и усилий. Посадки очень чувствительны к изменению натяга, в связи с чем встречаются в более точных качествах. Посадка Н7/р6 является предпочтительной, более точная посадка Н6/р5 применяется редко. Так соединяются, например, тонкостенные втулки с корпусами, установочные кольца на валу электродвигателя, втулки с зубчатыми колесами металлорежущих станков.

**Переходные посадки.** Переходные посадки предназначаются для неподвижных соединений деталей, требующих легкой сборки и разборки при высокой точности центрирования. Совместить эти требования не так легко, так как для легкости сборки и разборки в соединении требуется зазор, наличие которого снижает точность центрирования. Неподвижность деталей в соединении для передачи усилий и моментов обеспечивается шпонками, штифтами, нажимными винтами и т. п.

В переходных посадках поля допусков отверстия и вала перекрываются (см. рис. 3.6), и в соединении возможно появление как зазора, так и натяга. Эти посадки очень чувствительны к изменению зазора и натяга, поэтому предусматриваются (см. табл. 3.6) только в точных качествах (4—7-й качества).

Посадки типа Н/я применяются в легкоразъемных неподвижных центрирующих соединениях, подвергающихся частой разборке. Как правило, они применяются в сочетаниях полей допусков, в которых точность вала на один класс выше, чем отверстия: Н8/я7, Н7/я6, Н6/я5, Н5/я4. Последние две посадки трудно достижимы технологически и применяются для особо точных центрирующих соединений: в ответственных узлах точных приборов и машин. Указанные посадки имеют вероятность зазора в пределах 92—99% [37]. Посадка Н7/я6 — предпочтительная. Она используется в сменных зубчатых колесах на валах, в съемных шкивах и муфтах на концах валов малых электромашин, в шпиндельных головках шлифовальных станков и т. д. Посадка Н8/я7 применяется при снижении требований к точности центрирования.

Посадка Н/я («плотная» по ОСТ) применяется вместо посадки Н/и («скользящей») в тех случаях, когда необходимо получить более высокую точность центрирования при сохранении технологической точности изготовления деталей в том же качестве.

Посадки типа Н/к широко применяются в неподвижных разъемных соединениях для точного центрирования соединяемых деталей в тех случаях, когда охватываемая деталь вместе с охватываемой является подвижной сборочной единицей, например неподвижные закрепляемые зубчатые колеса, шкивы, муфты монтируются на валах по этой посадке. Посадки характеризуются тем, что вероятность появления в соединении зазора или натяга примерно одинакова. Они обеспечивают хорошее центрирование при достаточно легкой сборке (с помощью молотка). По этой причине они применяются чаще других переходных посадок. Посадки повышенной точности Н5/к4, Н6/к5 имеют ограниченное применение в ответственных соединениях или высокоточных приборах. Посадка Н7/к6 — предпочтительная. Эта посадка характеризуется как посадка, фактически не имеющая зазора, особенно при большой длине сопряжения. Она применяется в соединениях зубчатых колес, звездочек, шкивов, муфт с валами, причем передача крутящего момента обеспечивается штифтами, шпонками, винтами. Посадка меньшей точности Н8/к7 может применяться при сниженных требованиях к точности центрирования.



Т а б л и ц а 3.11. Допускаемые сочетания неуказанных предельных отклонений размеров в одной общей записи по СТ СЭВ 302—76

Вариант	Размеры валов		Размеры отверстий		Размеры элементов, не относящихся к отверстиям и валам
	круглых (диаметры)	остальных	круглых (диаметры)	остальных	
Предельные отклонения для одной общей записи					
1	—IT		+IT		$\pm t/2$
2	—t		+t		$\pm t/2$
3			$\pm t/2$		
4	—IT	$\pm t/2$	+IT	$\pm t/2$	$\pm t/2$

Примечания: 1. Обозначения: —IT — односторонние предельные отклонения (от номинального размера в минус) по качеству (соответствуют валу h); +IT — односторонние предельные отклонения (от номинального размера в плюс) по качеству (соответствуют отверстию H); —t — односторонние предельные отклонения (от номинального размера в минус) по классу точности; +t — односторонние предельные отклонения (от номинального размера в плюс) по классу точности;  $\pm t/2$  — симметричные предельные отклонения по классу точности. 2. В общей записи, распространяющейся только на размеры менее 1 мм, допускается оговаривать неуказанные симметричные предельные отклонения по качествам.

### 3.9. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками

Размерами с неуказанными допусками называются размеры, предельные отклонения которых не указаны непосредственно у номинальных размеров, а оговорены общей записью (в технических требованиях чертежа). Как правило, это размеры несопрягаемых элементов относительно низкой точности, к которым не предъявляется существенных функциональных требований. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками называют также неуказанными предельными отклонениями размеров.

Требования относительно предельных отклонений размеров с неуказанными допусками являются составной частью технических требований к изделию и определяют уровень точности изготовления.

СТ СЭВ 302—76 распространяется на линейные и угловые размеры с неуказанными допусками элементов металлических деталей, обработанных резанием. Рекомендуется применение этого стандарта и для других способов обработки и формсобразования (например, для обработки давлением, литья, сварки и т. д.), а также для деталей из неметаллических материалов.

Числовые значения неуказанных предельных отклонений линейных размеров (кроме радиусов закругления и фасок) могут назначаться на основе рядов допусков, установленных двумя способами:

1) по качествам ГОСТ 25346—82 и ГОСТ 25348—82, причем для размеров до 1 мм могут использоваться качества от 11-го до 13-го, а для размеров от 1 до 10 000 мм — качества от 12-го до 17-го;

2) по специальным классам точности, установленным в СТ СЭВ 302—76, условно называемым «точный», «средний», «грубый» и «очень грубый». Числовые значения предельных отклонений этих классов точности определены в укрупненных по сравнению с принятыми в ГОСТ 25346—82 и ГОСТ 25348—82 интервалах номинальных размеров и представляют собой грубо округленные значения предельных отклонений по качествам соответственно 12, 14, 16 и 17-му.

Допуски по классам точности обозначаются буквой t с индексом 1, 2, 3 или 4 для классов точности соответственно «точный», «средний», «грубый» и «очень грубый» ( $t_1, t_2, t_3, t_4$ ).

Согласно СТ СЭВ 302—76, допускаются четыре варианта назначения неуказанных предельных отклонений линейных размеров (табл. 3.11). Предпочтительность

применения того или иного варианта стандартом не устанавливается. В соответствии с этими вариантами для размеров валов и отверстий предельные отклонения допускается назначать как односторонними («в тело» материала: для валов от нуля в минус, для отверстий от нуля в плюс), так и симметричными. Для размеров элементов, не относящихся к отверстиям и валам, назначаются только симметричные предельные отклонения. При этом неуказанные односторонние предельные отклонения могут назначаться по качествам или классам точности, а неуказанные симметричные предельные отклонения — только по классам точности. Исключение сделано для общих записей, распространяющихся только на размеры менее 1 мм — в них допускается оговаривать неуказанные симметричные предельные отклонения по качествам.

При каждом из выбранных вариантов по табл. 3.11 в общей записи может быть оговорен любой уровень точности, предусмотренный качествами или классами точности для неуказанных отклонений. Но в одной записи о неуказанных предельных отклонениях, согласно СТ СЭВ 302—76, уровень точности для различных элементов должен быть единым, т. е. ссылка может быть только на один класс качества, один класс точности или один класс качества и соответствующий ему класс точности.

11-му (при размерах менее 1 мм) и 12-му качествам соответствует класс точности «точный», 13-му и 14-му качествам — класс «средний», 15-му и 16-му качествам — класс «грубый», 17-му качеству — класс «очень грубый».

Для размеров металлических деталей, обработанных резанием, рекомендуется 14-й класс качества и класс точности «средний».

Все предельные отклонения, которые по конструктивным особенностям или технологическим условиям должны отличаться от установленных в общей записи (в сторону увеличения или уменьшения допуска или иным расположением поля допуска), следует указывать непосредственно у номинальных размеров. Например, если общая запись соответствует варианту 3 по табл. 3.11 (все неуказанные отклонения размеров симметричные), то все необходимые односторонние отклонения должны быть указаны у размеров и должны назначаться только по качествам ГОСТ 25346—82 и ГОСТ 25348—82, а не по классам точности. Отклонения по 13-му и 15-му качествам не могут сочетаться в одной общей записи с классом точности («точный», «средний» и т. д.) и поэтому при необходимости также указываются непосредственно у размеров.



Выбор варианта расположения и уровня точности неуказанных предельных отклонений зависит от конструктивных и технологических требований, а иногда связан с традициями машиностроения в странах СЭВ. При применении СТ СЭВ 302—76 в промышленности СССР односторонние предельные отклонения рекомендуется назначать по варианту 1, т. е. по классам точности. Устанавливаемые этим вариантом односторонние предельные отклонения «в тело» для валов и от-

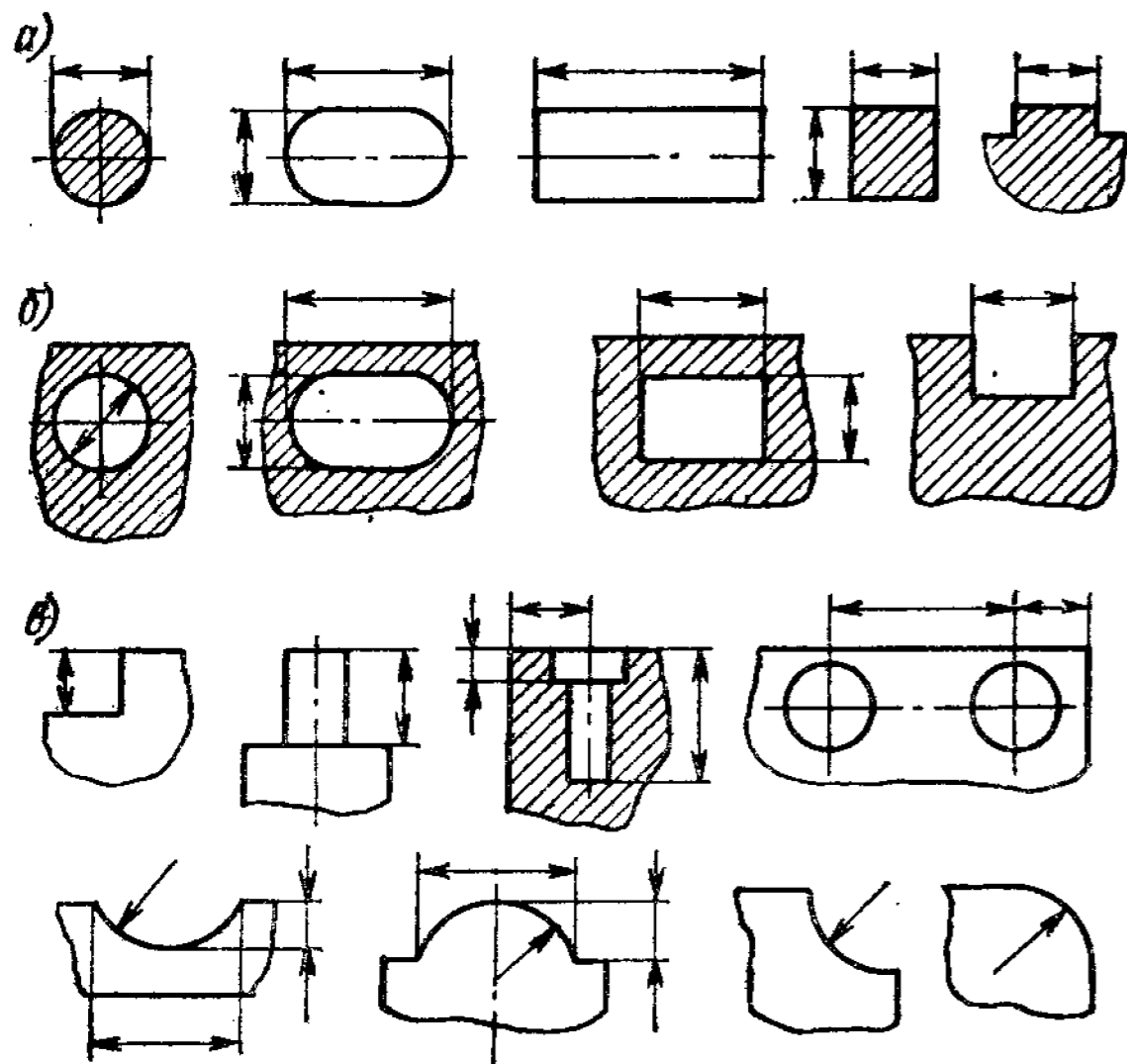


Рис. 3.16. Классификация конструктивных элементов деталей по трем группам:  
а — размеры валов; б — размеры отверстий; в — размеры, не относящиеся к отверстиям и валам

Таблица 3.12. Числовые значения (мм) симметричных предельных отклонений по классам точности СТ СЭВ 302—76

Класс точности	Интервалы размеров							
	Св. 0,5 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 30	Св. 30 до 120	Св. 120 до 315	Св. 315 до 1000	Св. 1000 до 2000	Св. 2000 до 3150
Точный	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
Средний	±0,10	±0,10	±0,2	±0,30	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0
Грубый	±0,15	±0,20	±0,5	±0,80	±1,2	±2,0	±3,0	±5,0
Очень грубый	±0,15	±0,50	±1,0	±1,50	±2,0	±3,0	±5,0	±8,0

Примечание. Предельные отклонения, приведенные в табл. 3.12, относятся к размерам элементов, не относящихся к отверстиям и валам по вариантам 1 и 2, ко всем размерам по варианту 3 и ко всем размерам, кроме диаметров валов и отверстий, по варианту 4 табл. 3.11.

верстий по классам точности способствуют снижению массы деталей, а следовательно, экономии материалов, гарантируют соблюдение предписанных зазоров, свободное введение одних деталей в другие при сборке. Кроме того, они обеспечивают унификацию технологических процессов, размеров заготовок, межоперационных размеров, инструментов и калибров, применяемых для однотипных элементов с неуказанными и указанными предельными отклонениями, так как последние, как правило, назначают также «в тело» и по классам точности. Таким образом, не рекомендуется применение варианта 2 по табл. 3.11.

Для размеров элементов, не относящихся к валам и отверстиям, приведенные выше соображения необязательны, поэтому для них удобнее пользоваться симметричными предельными отклонениями по классам точности, получившими распространение в мировой практике.

Классификация конструктивных элементов деталей по трем группам показана на рис. 3.16. В первой объединены валы и элементы, относящиеся к ним (рис. 3.16, а); во второй — отверстия и элементы, относящиеся к ним (рис. 3.16, б); в третьей (рис. 3.16, в) — уступы, глубины отверстий, высоты выступов, расстояния между осями отверстий или плоскостями симметрии, размеры, определяющие расположение осей или плоскостей симметрии элементов (отверстий, пазов, уступов).

Вариант 3 по табл. 3.11 следует применять лишь в обоснованных случаях, например, когда из расчета размерной цепи или по условиям обработки или формообразования все размеры должны иметь симметричные отклонения.

Таблица 3.13. Числовые значения (мм) односторонних предельных отклонений по классам точности по СТ СЭВ 302—76

Класс точности	Обозначение предельных отклонений	Интервалы размеров							
		Св. 0,5 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 30	Св. 30 до 120	Св. 120 до 315	Св. 315 до 1000	Св. 1000 до 2000	Св. 2000 до 3150
Точный	+t	+0,1 0	+0,1 0	+0,2 0	+0,3 0	+0,4 0	+0,6 0	+1,0 0	+1,6 0
	-t	0 -0,1	0 -0,1	0 -0,2	0 -0,3	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,6
Средний	+t	+0,2 0	+0,2 0	+0,4 0	+0,6 0	+1,0 0	+1,6 0	+2,4 0	+4,0 0
	-t	0 -0,2	0 -0,2	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,4	0 -4,0
Грубый	+t	+0,3 0	+0,4 0	+1,0 0	+1,6 0	+2,4 0	+4,0 0	+6,0 0	+10,0 0
	-t	0 -0,3	0 -0,4	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,4	0 -4,0	0 -6,0	0 -10,0
Очень грубый	+t	+0,3 0	+1,0 0	+2,0 0	+3,0 0	+4,0 0	+6,0 0	+10,0 0	+16,0 0
	-t	0 -0,3	0 -1,0	0 -2,0	0 -3,0	0 -4,0	0 -6,0	0 -10,0	0 -16,0

Примечание. Предельные отклонения, приведенные в табл. 3.13, относятся к размерам валов и отверстий по варианту 2 табл. 3.11.

Т а б л и ц а 3.14. Неуказанные предельные отклонения размеров по 14-му качеству и классу точности «средний»

Интервал размеров, мм	Линейные размеры, радиусы закруглений и фаски						Интервал длин меньшей стороны угла, мм	Углы	
	Предельные отклонения, мм							угл. ед.	мм на 100 мм длины
	линейных размеров			радиусов закруглений и фасок					
h14	H14	$\pm t/2$	-t	+t	радиусов закруглений и фасок	До 10	$\pm 1^\circ$	$\pm 1,8$	
От 0,3 до 0,5	-	-	-	-	$\pm 0,1$				$\pm 0,1$
Св. 0,5 до 1	-	-	-	-	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$			
Св. 1 до 3	$\begin{matrix} 0 \\ -0,25 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0,25 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,1$	-0,2	+0,2	$\pm 0,2$	До 10	$\pm 1^\circ$	$\pm 1,8$
Св. 3 до 6	$\begin{matrix} 0 \\ -0,3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0,3 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,1$	-0,2	+0,2	$\pm 0,3$			
Св. 6 до 10	$\begin{matrix} 0 \\ -0,36 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0,36 \\ 0 \end{matrix}$					Св. 10 до 40	$\pm 30'$	$\pm 0,9$
Св. 10 до 18	$\begin{matrix} 0 \\ -0,43 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0,43 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,2$	-0,4	+0,4	$\pm 0,5$			
Св. 18 до 30	$\begin{matrix} 0 \\ -0,52 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0,52 \\ 0 \end{matrix}$					Св. 40 до 160	$\pm 20'$	$\pm 0,6$
Св. 30 до 50	$\begin{matrix} 0 \\ -0,62 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0,62 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,3$	-0,6	+0,6	$\pm 1$			
Св. 50 до 80	$\begin{matrix} 0 \\ -0,74 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0,74 \\ 0 \end{matrix}$							

Продолжение табл. 3.14

Интервал размеров, мм	Линейные размеры, радиусы закруглений и фаски						Интервал длин меньшей стороны угла, мм	Углы	
	Предельные отклонения, мм							угл. ед.	мм на 100 мм длины
	линейных размеров			радиусов закруглений и фасок					
h 4	H14	$\pm t/2$	-t	+t	радиусов закруглений и фасок	Св. 40 до 160	$\pm 20'$	$\pm 0,6$	
Св. 80 до 120	$\begin{matrix} 0 \\ -0,87 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +0,87 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,3$	-0,6	+0,6				$\pm 1$
Св. 120 до 180	$\begin{matrix} 0 \\ -1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix}$							
Св. 180 до 250	$\begin{matrix} 0 \\ -1,15 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1,15 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,5$	-1,0	+1,0	$\pm 2$	Св. 160 до 630	$\pm 10'$	$\pm 0,3$
Св. 250 до 315	$\begin{matrix} 0 \\ -1,3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1,3 \\ 0 \end{matrix}$							
Св. 315 до 400	$\begin{matrix} 0 \\ -1,4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1,4 \\ 0 \end{matrix}$					Св. 630 до 2500	$\pm 5'$	$\pm 0,15$
Св. 400 до 500	$\begin{matrix} 0 \\ -1,55 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1,55 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,8$	-1,6	+1,6	$\pm 4$			
Св. 500 до 630	$\begin{matrix} 0 \\ -1,75 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1,75 \\ 0 \end{matrix}$							
Св. 630 до 800	$\begin{matrix} 0 \\ -2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +2 \\ 0 \end{matrix}$							
Св. 800 до 1000	$\begin{matrix} 0 \\ -2,3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +2,3 \\ 0 \end{matrix}$							

Линейные размеры, радиусы закруглений и фаски						Углы		
Интервал размеров, мм	Предельные отклонения, мм					Интервал длин меньшей стороны угла, мм	угл. ед.	мм на 100 мм длины
	линейных размеров							
	h14	H14	$\pm t/2$	-t	+t			
Св. 1000 до 1250	$\begin{matrix} 0 \\ -2,6 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +2,6 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1,2$	-2,4	+2,4	—	$\pm 5'$	$\pm 0,15$
Св. 1250 до 1600	$\begin{matrix} 0 \\ -3,1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3,1 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1,2$	-2,4	+2,4			
Св. 1600 до 2000	$\begin{matrix} 0 \\ -3,7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3,7 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1,2$	-2,4	+2,4			
Св. 2000 до 2500	$\begin{matrix} 0 \\ -4,4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +4,4 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 2$	-4,0	+4,0			
Св. 2500 до 3150	$\begin{matrix} 0 \\ -5,4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +5,4 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 2$	-4,0	+4,0			
Св. 3150 до 4000	$\begin{matrix} 0 \\ -6,6 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +6,6 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 3$	-6,0	+6,0			
Св. 4000 до 5000	$\begin{matrix} 0 \\ -8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +8 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 3$	-6,0	+6,0			
Св. 5000 до 6300	$\begin{matrix} 0 \\ -9,8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +9,8 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 5$	-10,0	+10,0			
Св. 6300 до 8000	$\begin{matrix} 0 \\ -12 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +12 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 5$	-10,0	+10,0			
Св. 8000 до 10 000	$\begin{matrix} 0 \\ -15 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +15 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 8$	-16,0	+16,0			

Таблица 3.15. Неуказанные предельные отклонения размеров по 17-му качеству и классу точности «очень грубый»

Линейные размеры, радиусы закруглений и фаски						Углы		
Интервал размеров, мм	Предельные отклонения, мм					Интервал длин меньшей стороны угла, мм	угл. ед.	мм на 100 мм длины
	линейных размеров							
	h17	H17	$\pm t/2$	-t	+t			
Св. 0,5 до 1	—	—	$\pm 0,15$	-0,3	+0,3	—	$\pm 2^\circ$	$\pm 3,6$
Св. 1 до 3	$\begin{matrix} 0 \\ -1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,15$	-0,3	+0,3			
Св. 3 до 6	$\begin{matrix} 0 \\ -1,2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1,2 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,5$	-1,0	+1,0	$\pm 0,3$	$\pm 2^\circ$	$\pm 3,6$
Св. 6 до 10	$\begin{matrix} 0 \\ -1,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1,5 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 0,5$	-1,0	+1,0			
Св. 10 до 18	$\begin{matrix} 0 \\ -1,8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1,8 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1$	-2,0	+2,0	$\pm 1$	$\pm 1^\circ$	$\pm 1,8$
Св. 18 до 30	$\begin{matrix} 0 \\ -2,1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +2,1 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1$	-2,0	+2,0			
Св. 30 до 50	$\begin{matrix} 0 \\ -2,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +2,5 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1,5$	-3,0	+3,0	$\pm 2$	$\pm 40'$	$\pm 1,2$
Св. 50 до 80	$\begin{matrix} 0 \\ -3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1,5$	-3,0	+3,0			
Св. 80 до 120	$\begin{matrix} 0 \\ -3,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3,5 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1,5$	-3,0	+3,0	$\pm 2$	$\pm 40'$	$\pm 1,2$
Св. 80 до 120	$\begin{matrix} 0 \\ -3,5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3,5 \\ 0 \end{matrix}$	$\pm 1,5$	-3,0	+3,0			

Линейные размеры, радиусы закруглений и фаски						Углы		
Интервал размеров, мм	Пределные отклонения, мм					Интервал длин меньшей стороны угла, мм	угл. ед.	мм на 100 мм длины
	линейных размеров			радиусов закруглений и фасок	+t			
	h17	H17	±t/2					
Св. 120 до 180	0 -4	+4 0	±2	-4,0	+4,0	±4	±40'	±1,2
Св. 180 до 250	0 -4,6	+4,6 0	±2	-4,0	+4,0	±4		
Св. 250 до 315	0 -5,2	+5,2 0	±2	-4,0	+4,0	±4		
Св. 315 до 400	0 -5,7	+5,7 0	±3	-6,0	+6,0	±8	±20'	±0,6
Св. 400 до 500	0 -6,3	+6,3 0	±3	-6,0	+6,0	±8		
Св. 500 до 630	0 -7	+7 0	±3	-6,0	+6,0	±8		
Св. 630 до 800	0 -8	+8 0	±5	-10,0	+10,0	-	±10'	±0,3
Св. 800 до 1000	0 -9	+9 0	±5	-10,0	+10,0	-		
Св. 1000 до 1250	0 -10,5	+10,5 0	±5	-10,0	+10,0	-		

Линейные размеры, радиусы закруглений и фаски						Углы		
Интервал размеров, мм	Пределные отклонения, мм					Интервал длин меньшей стороны угла, мм	угл. ед.	мм на 100 мм длины
	линейных размеров			радиусов закруглений и фасок	+t			
	h17	H17	±t/2					
Св. 1250 до 1600	0 -12,5	+12,5 0	±5	-10,0	+10,0			
Св. 1600 до 2000	0 -15	+15 0	±8	-16,0	+16,0	-	±10'	±0,3
Св. 2000 до 2500	0 -17,5	+17,5 0	±8	-16,0	+16,0	-		
Св. 2500 до 3150	0 -21	+21 0	±12	-24,0	+24,0	-		
Св. 3150 до 4000	0 -26	+26 0	±20	-40,0	+40,0	-		
Св. 4000 до 5000	0 -32	+32 0	±20	-40,0	+40,0	-		
Св. 5000 до 6300	0 -40	+40 0	±30	-60,0	+60,0	-		
Св. 6300 до 8000	0 -49	+49 0	±30	-60,0	+60,0	-		
Св. 8000 до 10 000	0 -60	+60 0	±30	-60,0	+60,0	-		



Числовые значения предельных отклонений на основе квалитетов определяются по СТ СЭВ 144—75 и СТ СЭВ 177—75; числовые значения предельных отклонений на основе классов точности — по СТ СЭВ 302—76, они приведены в табл. 3.12 и 3.13.

Для радиусов закругления и фасок в СТ СЭВ 302—76 установлены два ряда предельных отклонений (более грубых, чем для других линейных размеров). Применение того или иного ряда связано с квалитетом или классом точности, принятым для неуказанных предельных отклонений других линейных размеров.

В СТ СЭВ 302—76 установлены также два ряда неуказанных предельных отклонений углов в зависимости от принятого уровня точности неуказанных предельных отклонений линейных размеров. Числовые значения неуказанных предельных отклонений размеров приведены в табл. 3.14 и 3.15.

С 01.07.84 СТ СЭВ 302—76 вводится в ГОСТ 25670—83 [32].

Буквенные обозначения неуказанных предельных отклонений по классам точности, принятым в СТ СЭВ 302—76, служат только для упрощения изложения стандарта и не предусмотрены для обозначений на чертежах. Общие записи о неуказанных предельных отклонениях размеров и используемые в них условные обозначения будут установлены в соответствующем стандарте СЭВ, относящемся к ЕСКД СЭВ. Необходимые изменения будут внесены в ГОСТ 2.307—68\*, в соответствии с которым следует пока давать эти записи (см. гл. 16).

## Глава 4. НОРМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ. ДОПУСКИ УГЛОВ

### 4.1. Предпочтительные числа

Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел являются основанием для упорядочения выбора числовых значений и их градаций параметров всех видов продукции, позволяющего наилучшим образом согласовать и увязать между собой изделия, полуфабрикаты, материалы, транспортные средства, технологическое, контрольно-измерительное и другое оборудование. Применение рядов предпочтительных чисел при конструировании создает предпосылки для обеспечения взаимозаменяемости деталей и узлов, для унификации и агрегатирования конструкций машин и приборов, для специализации производства. Использование предпочтительных чисел на основе геометрических прогрессий впервые было предложено во Франции Ш. Ренаром, а затем закреплено международными и национальными стандартами.

На предпочтительные числа действуют две рекомендации СЭВ по стандартизации: РС 1857—69 и РС 1858—69. Рекомендация РС 1857—69 устанавливает четыре основных ряда предпочтительных чисел (R5, R10, R20 и R40) и один дополнительный (R80), члены которых являются округленными значениями членов геометрических прогрессий со знаменателями прогрессий, соответственно равными: для ряда R5  $q = \sqrt[5]{10} = 1,60$ ; для ряда R20  $q = \sqrt[20]{10} = 1,12$ ; для ряда R10  $q = \sqrt[10]{10} = 1,25$ ; для ряда R40  $q = \sqrt[40]{10} = 1,06$ ; для ряда R80  $q = \sqrt[80]{10} = 1,03$ .

Предпочтительные числа и их ряды регламентированы и приведены в стандарте [38] и в работе [34].

При установлении размеров, параметров и других числовых характеристик их значения необходимо брать из основных рядов предпочтительных чисел. При этом размеры ряда R5 следует предпочитать размерам ряда R10, размеры ряда R10 — размерам ряда R20, последние — размерам ряда R40. Дополнительный ряд следует применять как исключение.

### 4.2. Нормальные линейные размеры

Линейные размеры составляют основную долю применяемых в технике числовых характеристик. В подавляющем большинстве случаев взаимозаменяемость по геометрическим параметрам является основным важнейшим элементом взаимо-

Таблица 4.1. Нормальные линейные размеры (мм).  
Основные ряды по ГОСТ 6636—69\* (СТ СЭВ 514—77)

Интервал размеров, мм	Ряды размеров					
	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	№40	
От 0,010 до 0,095	0,010 0,016 0,025 0,040 0,063	0,010 0,016 0,025 0,040 0,063	0,010 0,016 0,025 0,040 0,063	0,010 0,016 0,025 0,040 0,063	0,010 0,016 0,025 0,040 0,063	0,015 0,024 0,038 0,056 0,095
От 0,100 до 0,950	0,100 0,160 0,250 0,400 0,630	0,100 0,160 0,250 0,400 0,630	0,100 0,160 0,250 0,400 0,630	0,100 0,160 0,250 0,400 0,630	0,100 0,160 0,250 0,400 0,630	0,140 0,220 0,360 0,560 0,900
От 1,0 до 500	1,0 1,6 2,5 4,0 6,3 10 16 25 40 63 100 160 250 400	1,0 1,6 2,5 4,0 6,3 10 16 25 40 63 100 160 250 400	1,0 1,6 2,5 4,0 6,3 10 16 25 40 63 100 160 250 400	1,0 1,6 2,5 4,0 6,3 10 16 25 40 63 100 160 250 400	1,0 1,6 2,5 4,0 6,3 10 16 25 40 63 100 160 250 400	1,5 2,4 3,8 6,0 9,5 15 24 38 60 95 150 240 380 —
Св. 500 до 2500	630 1000 1600 2500	630 1000 1600 2500	630 1000 1600 2500	630 1000 1600 2500	630 1000 1600 2500	560 900 1400 2240

Т а б л и ц а 4.2. Дополнительные линейные размеры (мм) по ГОСТ 6636—69\* (СТ СЭВ 514—77)

1,25	4,9	16,5	62	205	730	2430	8 250
1,35	5,2	17,5	65	215	775	2580	8 750
1,45	5,5	18,5	70	230	825	2720	9 250
1,55	5,8	19,5	73	270	875	2900	9 750
1,65	6,2	20,5	78	290	925	3070	10 300
1,75	6,5	21,5	82	310	975	3250	10 900
1,85	7,0	23	88	315	1030	3450	11 500
1,95	7,3	27	92	330	1090	3650	12 200
2,05	7,8	29	98	350	1150	3870	12 800
2,15	8,2	31	102	370	1220	4120	13 600
2,3	8,8	33	108	390	1280	4370	14 500
2,7	9,2	35	112	410	1360	4620	15 500
2,9	9,8	37	115	440	1450	4870	16 500
3,1	10,2	39	118	460	1550	5150	17 500
3,3	10,8	41	135	490	1650	5450	18 500
3,5	11,2	44	145	515	1750	5800	19 500
3,7	11,8	46	155	545	1850	6150	
3,9	12,5	49	165	580	1950	6500	
4,1	13,5	52	175	615	2060	6900	
4,4	14,5	55	185	650	2180	7300	
4,6	15,5	58	195	690	2300	7750	

заменяемости. Эта геометрическая взаимозаменяемость достигается за счет установления соответствующих размеров и допусков. Из-за большого удельного веса линейных размеров и их роли в обеспечении взаимозаменяемости оказалось целесообразным самостоятельно регламентировать ряды линейных размеров, приняв в качестве базы для них предпочтительные числа и (в отдельных случаях) их округленные значения.

В табл. 4.1 стандартные ряды нормальных линейных размеров (диаметров, длин, высот и др.) даны по ГОСТ 6636—69\* (СТ СЭВ 514—77). Стандарт устанавливает ряды нормальных линейных размеров от 0,001 до 20 000 мм, которые предназначены для машиностроения и других отраслей промышленности. Стандарт не распространяется на технологические межоперационные размеры и на размеры, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами.

В диапазоне от 0,001 до 0,009 мм установлен следующий ряд размеров (мм): 0,001; 0,002; 0,003; 0,005; 0,006; 0,007; 0,008 и 0,009.

При выборе размеров рядам с более крупной градацией и входящим в них размерам должно отдаваться предпочтение: ряд Ra5 следует предпочитать ряду Ra10, ряд Ra10 — ряду Ra20, ряд Ra20 — ряду Ra40.

Кроме основных рядов размеров, указанных в табл. 4.1, допускается применять производные ряды, составленные из каждого 2, 3, 4 или *n*-го члена основного ряда.

Если применение размеров по рядам не обеспечивает требований, предъявляемых к изделиям, то допускается использовать дополнительные размеры, приведенные в табл. 4.2.

### 4.3. Нормальные углы, конусности и углы конусов

Значения нормальных углов (угловых размеров) по ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 513—77) приведены в табл. 4.3, а их значения, выраженные в радианах — в табл. 4.4. При выборе углов ряд 1 следует предпочитать ряду 2, а ряд 2 — ряду 3. Стандарт не распространяется на углы, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами, на углы конусов по ГОСТ 8593—81 и на допуски конусов, для которых задан допуск диаметра в каждом сечении

Т а б л и ц а 4.3. Ряды нормальных углов (...°) по ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 178—75 и СТ СЭВ 513—77)

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0		15'		6			40	35	90		
	30'			7							100
		45'		8		45					110
	1			10				50	120		
	2	1° 30'				60		55			135
	3		15					65			150
	4	2° 30'						70			165
			20				75				180
								80			270
5						22					360
			30			25		85			

Т а б л и ц а 4.4. Значения нормальных углов

Значения углов							
...°	рад	...°	рад	...°	рад	...°	рад
0	0,0000000	6	0,1047198	30	0,5235988	85	1,4835299
15'	0,0043633	7	0,1221730	35	0,6108652	90	1,5707964
30'	0,0087266	8	0,1396263	40	0,6981317	100	1,7453292
45'	0,0130899	9	0,1570796	45	0,7853982	110	1,9198622
1	0,0174533	10	0,1745329	50	0,8726646	120	2,0943952
1° 30'	0,0261799	12	0,2094395	55	0,9599311	135	2,3561945
2	0,0349066	15	0,2617994	60	1,0471976	150	2,6179939
2° 30'	0,0436332	18	0,3141593	65	1,1344640	165	2,8797933
3	0,0523599	20	0,3490658	70	1,2217305	180	3,1415927
4	0,0698132	22	0,3839724	75	1,3089970	270	4,7123890
5	0,0872665	25	0,4363323	80	1,3962633	360	6,2831853

Т а б л и ц а 4.5. Значения уклонов и углов для призматических деталей

Уклон	Угол уклона		Уклон	Угол уклона	
	угл. ед.	рад		угл. ед.	рад
1 : 500	6' 52,5"	0,0020000	1 : 50	1° 8' 44,7"	0,0199971
1 : 200	17' 11,3"	0,0050000	1 : 20	2° 51' 44,7"	0,0499586
1 : 100	34' 22,6"	0,0100000	1 : 10	5° 42' 38,1"	0,0996685

на длине конуса и отклонения угла конуса допускаются в пределах всего поля допуска диаметра конуса.

Для призматических деталей (рис. 4.1, а) кроме углов, приведенных в табл. 4.3, допускается применять значения уклонов и соответствующих им углов, указанные в табл. 4.5.

Нормальные конусности и углы конусов по ГОСТ 8593—81 (СТ СЭВ 512—77) приведены в табл. 4.6, а примеры их применения — в табл. 4.7. Конусности

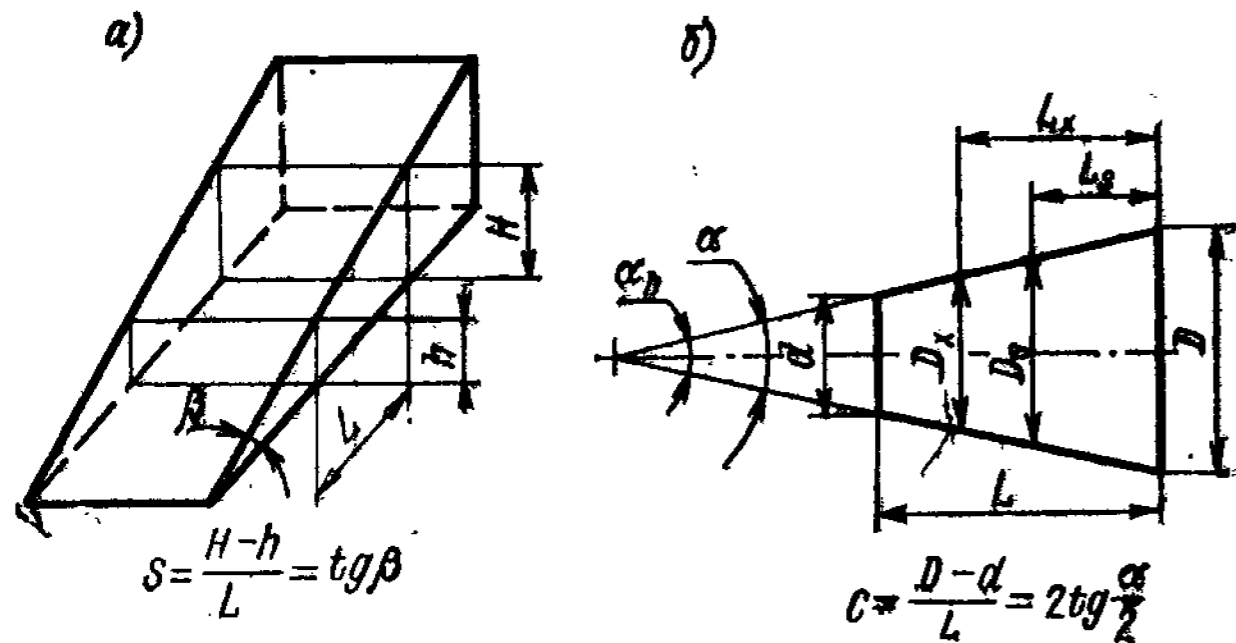


Рис. 4.1. Угловые размеры — призматической детали (а) и конуса (б) ( $\alpha_h = \alpha/2$ )

и углы конусов специального применения, не включенные в данный стандарт, допускаются лишь в обоснованных случаях, если применение нормальных конусностей или углов конусов не обеспечивает требований, предъявляемых к изделиям.

При выборе конусностей или углов конусов (рис. 4.1, б) ряд 1 следует предпочитать ряду 2.

Ниже приведены некоторые термины и определения, установленные ГОСТ 25548—82 (СТ СЭВ 1779—79) на конусы и конические соединения.

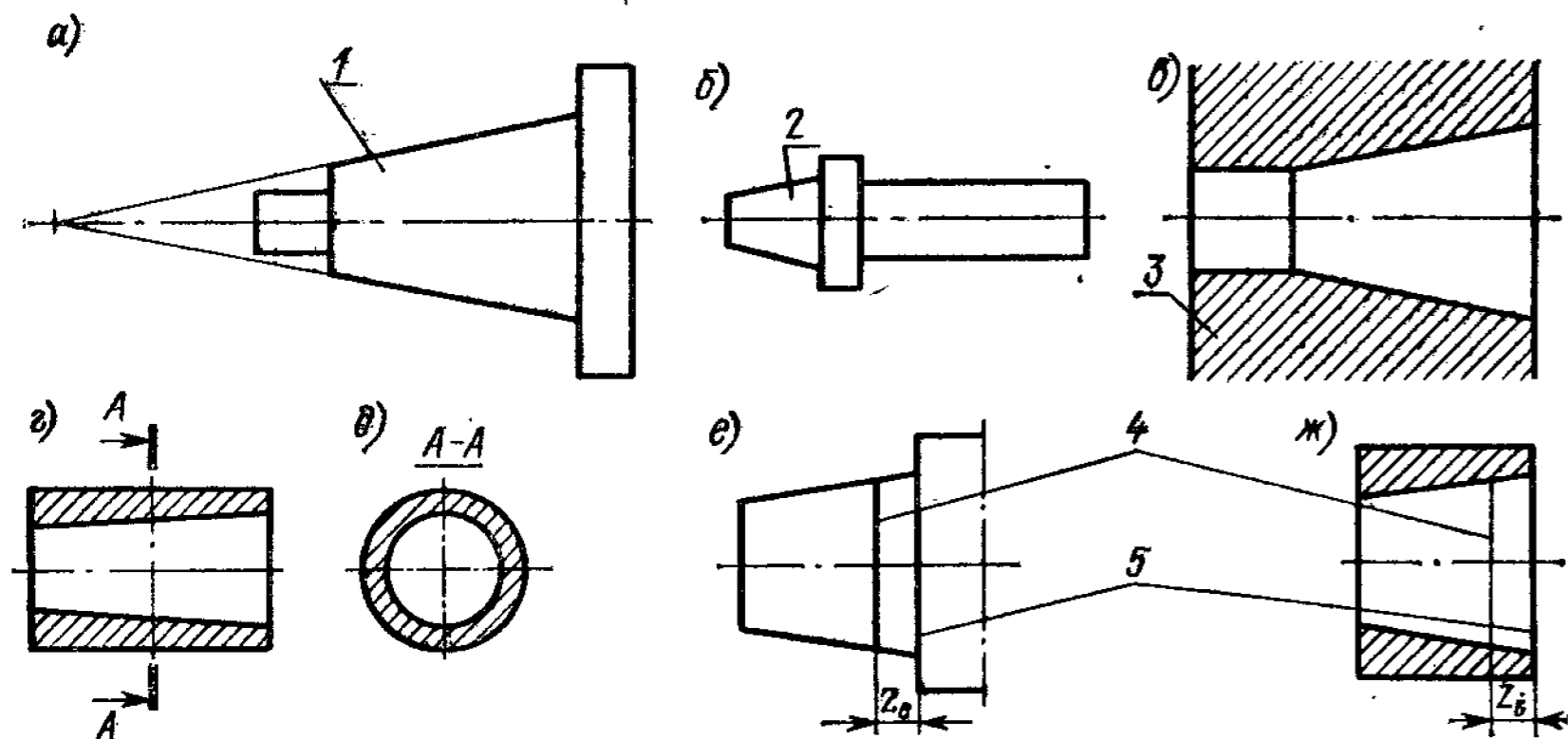


Рис. 4.2. Элементы и размеры конусов

Коническая деталь — деталь, у которой основная часть поверхности коническая (рис. 4.2, а).

Конус — обобщенный термин, под которым в зависимости от конкретных условий может пониматься коническая поверхность, коническая деталь 1 или конический элемент 2, 3 (рис. 4.2, а, б, в).

Наружный конус — обобщенный термин, под которым в зависимости от конкретных условий может пониматься коническая деталь или конический элемент,

Таблица 4.6. Нормальные конусности и углы конусов по ГОСТ 8593—81 (СТ СЭВ 512—77)

Обозначение конуса	Угол конуса $\alpha$		Угол уклона $\alpha/2$	
	рад	угл. ед.	рад	угл. ед.
1 : 500	0,0020000	6' 52,5"	0,0020000	3' 26,25"
1 : 200	0,0050000	17' 11,2"	0,0050000	8' 35,65"
1 : 100	0,0100000	34' 22,6"	0,0100000	17' 11,3"
1 : 50	0,0200000	1° 8' 45,2"	0,0199996	34' 22,6"
1 : 30	0,0333333	1° 54' 34,9"	0,0333304	57' 17,45"
1 : 20	0,0500000	2° 51' 51,1"	0,0499896	1° 25' 55,55"
1 : 15	0,0666667	3° 49' 5,9"	0,0666420	1° 54' 32,95"
1 : 12	0,0833333	4° 46' 18,8"	0,0832852	2° 23' 9,4"
1 : 10	0,1000000	5° 43' 29,3"	0,0999168	2° 51' 44,65"
1 : 8	0,1250000	7° 9' 9,6"	0,1248376	3° 34' 34,8"
1 : 7	0,1428571	8° 10' 16,4"	0,1426148	4° 5' 8,2"
1 : 6	0,1666667	9° 31' 38,2"	0,1662824	4° 45' 49,1"
1 : 5	0,2000000	11° 25' 16,3"	0,1993374	5° 42' 38,15"
1 : 4	0,2500000	14° 15' 0,1"	0,2487100	7° 7' 30,05"
1 : 3	0,3333333	18° 55' 28,7"	0,3302972	9° 27' 44,35"
1 : 1,866025	0,5358985	30°	0,5235988	15°
1 : 1,207107	0,8284269	45°	0,7853982	22° 30'
1 : 0,866025	1,1547010	60°	1,0471976	30°
1 : 0,651613	1,5346532	75°	1,3089970	37° 30'
1 : 0,500000	2,0000000	90°	1,5707964	45°
1 : 0,288675	3,4641032	120°	2,0943952	60°

Примечание. Значения конусности или угла конуса, указанные в графе «Обозначение конуса», приняты за исходные при расчете других значений, приведенных в таблице.



Т а б л и ц а 4.7. Примеры применения нормальной конусности общего назначения

Конусность $C$	Угол конуса $\alpha$	Угол уклона $\alpha/2$	Примеры применения [43]
1 : 200	0° 17' 11"	0° 8' 36"	Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающихся сотрясениям и ударной переменной нагрузке. Конические оправки
1 : 100	0° 34' 23"	0° 17' 11"	Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающихся сотрясениям и спокойной переменной нагрузке. Шпонки клиновые. Конические оправки
1 : 50	1° 8' 45"	0° 34' 23"	Конические штифты, установочные шпильки, хвостовики калибров-пробок, развертки под конические штифты, концы насадных рукояток
1 : 30	1° 54' 35"	0° 57' 17"	Конусы насадных разверток, зенкеров и оправок для них
1 : 20	2° 51' 51"	1° 25' 56"	Метрические конусы инструментов. Отверстия в шпинделях станков. Хвостовики инструментов. Оправки, развертки под метрические конусы
1 : 15	3° 49' 6"	1° 54' 33"	Конические соединения деталей, воспринимающих осевые нагрузки. Соединения поршней со штоками. Посадочные места под зубчатые колеса, шпиндели
1 : 12	4° 46' 19"	2° 23' 9"	Конусы Морзе
1 : 10	5° 43' 29"	2° 51' 45"	Конические соединения деталей при радиальных и осевых нагрузках. Соединительные муфты. Концы валов электрических и других машин. Регулируемые втулки подшипников шпинделей. Валы зубчатых передач
1 : 5	11° 25' 16"	5° 42' 38"	Легкоразъемные соединения деталей. Конические цапфы. Фрикционные муфты. Концы валов
1 : 1,866	30°	15°	Фрикционные муфты приводов, зажимные цапги
1 : 1,866	60°	30°	Центры станков и центровые отверстия
1 : 0,652	75°	37° 30'	Наружные центры инструментов диаметром до 10 мм
1 : 0,500	90°	45°	Потайные головки заклепок диаметром 1—10 мм. Потайные головки винтов. Фаски валов, осей, пальцев и др.
1 : 0,289	120°	60°	Полупотайные головки заклепок диаметром 2—5 мм. Фаски резьбовых отверстий. Наружные фаски гаек и головок винтов

Примечание. Кроме указанных конусностей применяются конусности специального назначения, область распространения которых регламентирована в стандартах на конкретные изделия.

наружная поверхность которых коническая 1, 2 (рис. 4.2, а, б). Для обозначения параметров наружного конуса применяется индекс  $e$ .

**Внутренний конус** — обобщенный термин, под которым в зависимости от конкретных условий может пониматься коническая деталь или конический элемент, внутренняя поверхность которых коническая 3 (рис. 4.2, в). Для обозначения параметров внутреннего конуса применяется индекс  $i$ .

**Продольное сечение конуса** — сечение конуса плоскостью, в которой лежит ось конуса (рис. 4.2, г).

**Поперечное сечение конуса** — сечение конуса плоскостью, перпендикулярной к оси конуса (рис. 4.2, д).

В зависимости от осевого положения поперечного сечения различают (см. рис. 4.1, б): диаметр  $D$  большого основания; диаметр  $d$  малого основания; диаметр  $D_s$  в заданном поперечном сечении, т. е. в сечении, имеющем заданное осевое положение  $L_s$ ; диаметр  $D_x$  в поперечном сечении с произвольным положением  $L_x$ .

**Длина конуса  $L$**  — расстояние между вершиной и основанием конуса или между основаниями усеченного конуса (см. рис. 4.1, б).

**Угол конуса  $\alpha$**  — угол между образующими в продольном сечении конуса (см. рис. 4.1, б).

**Угол уклона  $\alpha/2$**  — угол между образующей и осью конуса (см. рис. 4.1, б).

**Конусность  $C$**  — отношение разности диаметров двух поперечных сечений к расстоянию между ними; для усеченного конуса — отношение разности диаметров большого и малого оснований к длине конуса (см. рис. 4.1, б). Конусность часто указывают в виде отношения  $1 : x$ , где  $x$  — расстояние между поперечными сечениями конуса, разность диаметров которых равна 1 мм, например  $C = 1 : 20$ .

**Номинальный конус** — конус, определяемый номинальной поверхностью и номинальными размерами: номинальным диаметром конуса; номинальной длиной конуса; номинальным углом конуса (номинальной конусностью).

Под **номинальным диаметром конуса** понимают: номинальный диаметр  $D$  большого основания, или номинальный диаметр  $d$  малого основания, или номинальный диаметр  $D_s$  в заданном поперечном сечении (см. рис. 4.1, б).

Определение номинальной поверхности дано в стандарте ГОСТ 24642—81 (СТ СЭВ 301—76), определение номинального размера — в ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75).

**Основная плоскость** — плоскость поперечного сечения конуса, в которой задается номинальный диаметр конуса (рис. 4.2, е, ж, поз. 4).

Правила нанесения размеров, допусков формы конусов и посадок конических соединений на чертежах устанавливает ГОСТ 2.320—82.

**Базовая плоскость** — плоскость, перпендикулярная к оси конуса и служащая для определения осевого положения основной плоскости или осевого положения данного конуса относительно сопрягаемого с ним конуса (рис. 4.2, е, ж, поз. 5). Базовая и основная плоскости конуса могут совпадать.

**Базорасстояние конуса ( $Z_e$  — для наружного конуса и  $Z_i$  — для внутреннего конуса)** — расстояние между основной и базовой плоскостями конуса (рис. 4.2, е, ж).

#### 4.4. Допуски углов

При конструировании механизмов и машин часто оказывается необходимым указывать на рабочих чертежах угловые размеры с предельными отклонениями. Допуск угла можно назначить как в угловых, так и в линейных единицах.

Допуски углов, конусов и призматических элементов деталей регламентированы ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 178—75). Он не распространяется на конусы, для которых задан допуск диаметра в каждом сечении на длине конуса и отклонения угла конуса допускаются в пределах всего поля допуска диаметра конуса.

В настоящем стандарте приняты следующие обозначения допусков:

$AT$  — допуск угла (разность между наибольшим и наименьшим предельными углами);

$AT_\alpha$  — допуск угла, ...°, ...', ...";

$AT'_\alpha$  — округленное значение допуска угла, ...°, ...', ...";

$AT_h$  — допуск угла, выраженный отрезком на перпендикуляре к стороне угла, противолежащего углу  $AT_\alpha$  на расстоянии  $L_1$  от вершины этого угла; практически этот отрезок равен длине дуги радиуса  $L_1$ , стягивающей угол  $AT_\alpha$ ;



$AT_D$  — допуск угла конуса, выраженный допуском на разность диаметров в двух нормальных к оси сечениях конуса на заданном расстоянии  $L$  между ними (определяется по перпендикуляру к оси конуса).

Устанавливается 17 степеней точности допусков углов: 1, 2, ..., 17, числовые значения которых приведены в табл. 4.8. При обозначении допуска угла заданной степени точности к обозначению допуска угла добавляется номер соответствующей степени точности, например  $AT_5$ ,  $AT_8$ .

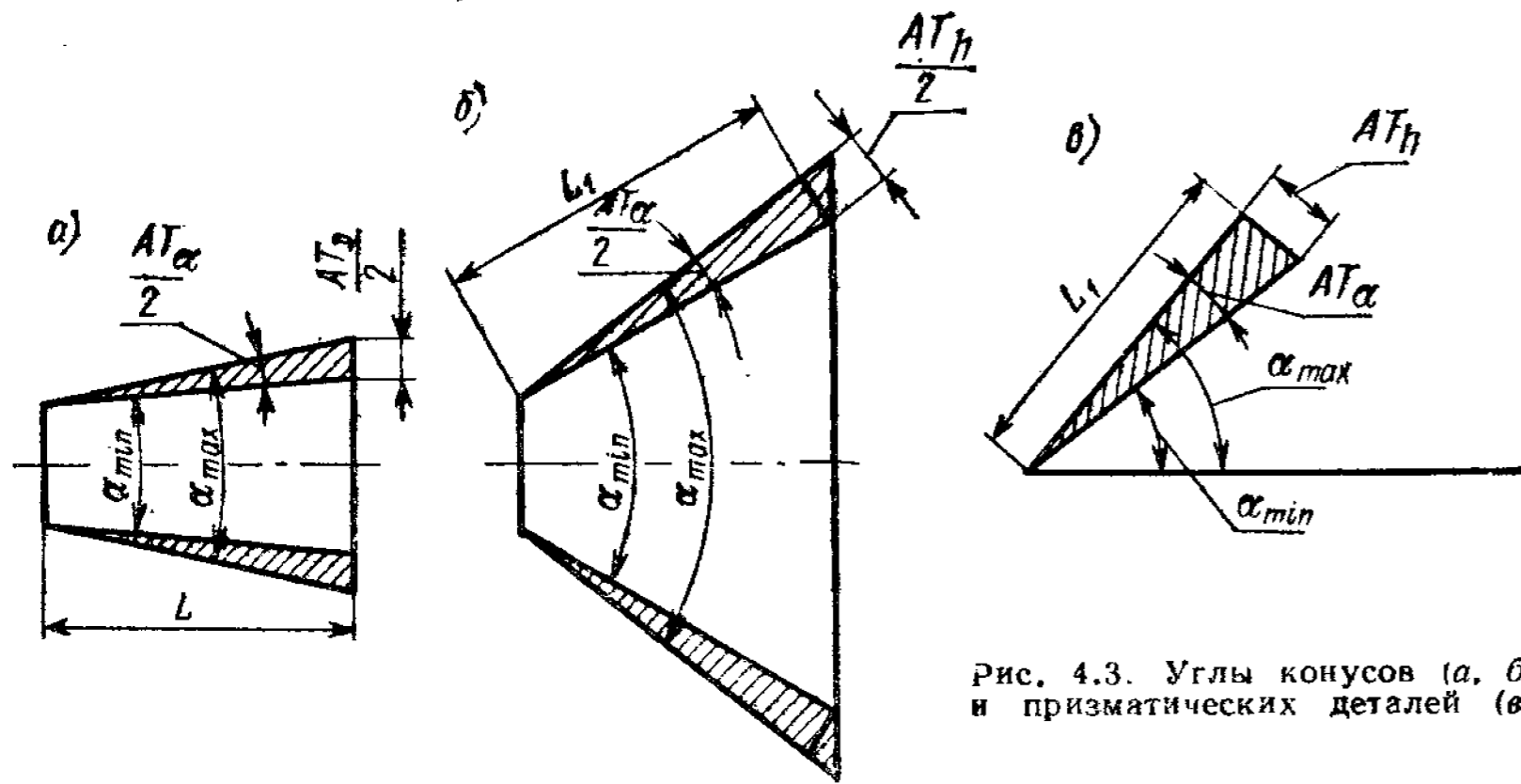


Рис. 4.3. Углы конусов (а, б) и призматических деталей (в)

При указании допусков углов на чертежах рекомендуются значения  $AT'_\alpha$ , приведенные в табл. 4.8. Значения  $AT_h$  или  $AT_D$  указаны для крайних значений интервалов длин  $L$  или  $L_1$ .

Допуски углов конусов с конусностью не более 1 : 3 следует назначать в зависимости от номинальной длины конуса  $L$  (рис. 4.3, а). Допуски углов конусов с конусностью более 1 : 3 следует назначать в зависимости от длины образующей

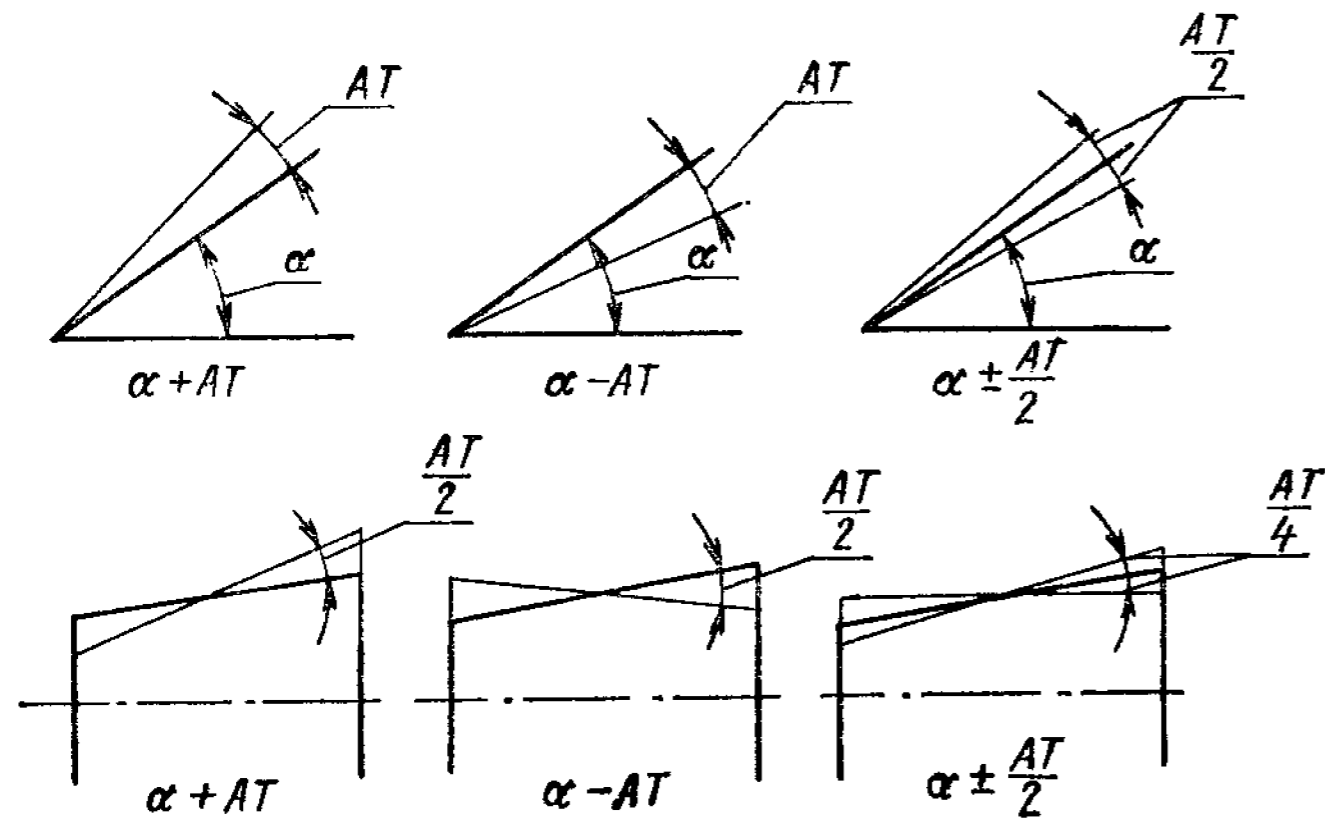


Рис. 4.4. Расположение допусков углов

конуса  $L_1$  (рис. 4.3, б). Допуски углов призматических элементов деталей следует назначать в зависимости от номинальной длины  $L_1$  меньшей стороны угла (рис. 4.3, в).

Значения  $AT_D$ , приведенные в табл. 4.8, относятся только к конусам с конусностью не более 1 : 3, для которых  $AT_D \approx AT_h$ . Для конусов с конусностью более 1 : 3 значения  $AT_D$  следует определять по формуле

$$AT_D = AT_h / [\cos(\alpha/2)],$$

где  $\alpha$  — номинальный угол конуса.

Таблица 4.8. Степени точности и допуски углов по ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 178—75)

Интервал длин $L, L_1$ , мм	Степень точности											
	4		5		6		7		8		9	
	$AT'_\alpha$	$AT_h, AT_D$ МКМ	$AT'_\alpha$	$AT_h, AT_D$ МКМ	$AT'_\alpha$	$AT_h, AT_D$ МКМ	$AT'_\alpha$	$AT_h, AT_D$ МКМ	$AT'_\alpha$	$AT_h, AT_D$ МКМ	$AT'_\alpha$	$AT_h, AT_D$ МКМ
До 10	40"	До 2,0	1'	До 3,2	1' 40"	До 5	2' 30"	До 8	4'	До 12,5	2' 30"	До 12,5
Св. 10 до 16	32"	1,6—2,5	50"	2,5—4	1' 20"	4—6,3	2'	6,3—10	3'	8—12,5	2'	10—16
» 16 » 25	26"	2,0—3,2	40"	3,2—5	1'	5—8	1' 40"	8—12,5	2' 30"	12,5—20	2'	16—25
» 25 » 40	20"	2,5—4,0	32"	4—6,3	50"	6,3—10	1' 20"	10—16	2'	20—32	2'	20—32
» 40 » 63	16"	3,2—5,0	26"	5—8	40"	8—12,5	1'	12,5—20	1' 40"	25—40	1' 40"	25—40
» 63 » 100	12"	4,0—6,3	20"	6,3—10	32"	10—16	50"	16—25	1' 20"	32—50	1' 20"	32—50
» 100 » 160	10"	5,0—8,0	16"	8—12,5	26"	12,5—20	40"	20—32	1'	40—63	1'	40—63
» 160 » 250	8"	6,3—10,0	12"	10—16	20"	20—32	32"	25—40	50"	50—80	50"	50—80
» 250 » 400	6"	8,0—12,5	10"	12,5—20	16"	25—40	26"	32—50	40"	63—100	40"	63—100
» 400 » 630	5"	10—16,0	8"	16—25	12"	40—63	20"	50—80	32"	80—125	32"	80—125
» 630 » 1000	4"	12,5—20,0	6"	20—32	10"	63—100	16"	100—160	26"	125—200	26"	125—200
» 1000 » 1600	3"	16—25,0	5"	25—40	8"	100—160	12"	160—250	20"		20"	
» 1600 » 2500	2,5"	20—32,0	4"	32—50	6"	160—250	10"		10"		10"	

Интервал длин $L, L_1, \text{мм}$	Степень точности											
	9		10		11		12		13			
	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$		
До 10	6'	До 20	10'	До 32	16'	До 50	26'	До 80	40'	До 125		
Св. 10 до 16	5'	16—25	8'	25—40	12'	40—63	20'	63—100	32'	100—160		
» 16 » 25	4'	20—32	6'	32—50	10'	50—80	16'	80—125	26'	125—200		
» 25 » 40	3'	25—40	5'	40—63	8'	63—100	12'	100—160	20'	160—250		
» 40 » 63	2' 30"	32—50	4'	50—80	6'	80—125	10'	125—200	16'	200—320		
» 63 » 100	2'	40—63	3'	63—100	5'	100—160	8'	160—250	12'	250—400		
» 100 » 160	1' 40"	50—80	2' 30"	80—125	4'	125—200	6'	200—320	10'	320—500		
» 160 » 250	1' 20"	63—100	2'	100—160	3'	160—250	5'	250—400	8'	400—630		
» 250 » 400	1'	80—125	1' 40"	125—200	2' 30"	200—320	4'	320—500	6'	500—800		
» 400 » 630	50"	100—160	1' 20"	160—250	2'	250—400	3'	400—630	5'	630—1000		
» 630 » 1000	40"	125—200	1'	200—320	1' 40"	320—500	2' 30"	500—800	4'	800—1250		
» 1000 » 1600	32"	160—250	50"	250—400	1' 20"	400—630	2'	630—1000	3'	1000—1600		
» 1600 » 2500	26"	200—320	40"	320—500	1'	500—800	1' 40"	800—1250	2' 30"	1250—2000		

Продолжение табл. 4.8

Интервал длин $L, L_1, \text{мм}$	Степень точности											
	14		15		16		17					
	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$	$AT'_\alpha$	$AT'_h, AT'_D, \text{МКМ}$				
До 10	1°	До 200	1° 40'	До 320	2°	До 0,5	4°	До 0,8				
Св. 10 до 16	50'	160—250	1° 20'	250—400	1°	0,4—0,63		0,63—1				
» 16 » 25	40'	200—320	1°	320—500		0,5—0,8	2°	0,8—1,25				
» 25 » 40	32'	250—400	50'	400—630		0,63—1		1—1,6				
» 40 » 63	26'	320—500	40'	500—800		0,8—1,25		1,25—2				
» 63 » 100	20'	400—630	32'	630—1000	40'	1—1,6	1° 20'	1,6—2,5				
» 100 » 160	16'	500—800	26'	800—1250		1,25—2		2—3,2				
» 160 » 250	12'	630—1000	20'	1000—1600		1,6—2,5		2,5—4				
» 250 » 400	10'	800—1250	16'	1250—2000	20'	2—3,2	40'	3,2—5				
» 400 » 630	8'	1000—1600	12'	1600—2500		2,5—4		4—6,3				
» 630 » 1000	6'	1250—2000	10'	2000—3200		3,2—5		5—8				
» 1000 » 1600	5'	1600—2500	8'	2500—4000	10'	4—6,3	20'	6,3—10				
» 1600 » 2500	4'	2000—3200	6'	3200—5000		5—8		8—12,5				

Допуски углов могут быть расположены в плюс (+AT), в минус (-AT) или симметрично ( $\pm AT/2$ ) относительно номинального угла (рис. 4.4). В обоснованных случаях допускается применять другое расположение допуска угла.

Неуказанные предельные отклонения углов приведены в ГОСТ 25670—83 (СТ СЭВ 302—76) (см. п. 3.9). Числовые значения предельных отклонений углов соответствуют  $\pm AT/2$  и  $\pm AT/2$  по ГОСТ 8908—81 [40].

В заключение следует отметить близость обозначений допусков на линейные и угловые размеры по квалитетам и степеням точности.

## Глава 5. ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

### 5.1. Основные виды отклонений и допусков формы и расположения поверхностей

ГОСТ 24642—81 (СТ СЭВ 301—76), введенный взамен ГОСТ 10356—63, включает группы допусков: *допуски формы, допуски расположения, суммарные допуски формы и расположения*.

Для обозначения отклонения формы, расположения или суммарного отклонения формы и расположения применяется буква  $\Delta$ ; она используется при негативной терминологии, например отклонение от цилиндричности. Для обозначения как допуска, так и поля допуска (формы, расположения или суммарного допуска формы и расположения) применяется буква  $T$ ; она используется при позитивной терминологии — допуск цилиндричности и поле допуска цилиндричности.

Буквой  $L$  обозначается длина нормируемого участка (заданная длина), в пределах которого действительны указанные отклонения и допуски. Если длина не указана, то отклонения и допуски действительны на всем протяжении элемента.

В отличие от ГОСТ 10356—63 в стандарт введены понятия: 1) номинальной и реальной поверхностей; 2) базы, за которую принимается элемент детали или сочетание элементов. Предпочтительной базой для сопрягаемых поверхностей является прилегающая поверхность или линия.

В отношении расположения поверхностей введено понятие выступающего поля допуска (рис. 5.1), которое существенно в тех случаях, когда какая-либо деталь (например, шпилька) выступает над поверхностью соединения и влияет на качество соединения с другой поверхностью (плитой или крышкой). Вместо «смещения от номинального расположения» введен термин «позиционное отклонение». Двойная оценка в радиусной и диаметральной мерах предложена для отклонения от соосности, симметричности и позиционного отклонения.

Введены также понятия суммарных допусков (отклонений), включающие допуски (отклонения) формы и допуски (отклонения) расположения поверхностей.

Введены также понятия суммарных допусков (отклонений), включающие допуски (отклонения) формы и допуски (отклонения) расположения поверхностей.

**Общие термины и определения.** *Отклонение формы* — отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю).

*Реальная поверхность* или *реальный профиль* — поверхность, ограничивающая тело и отклонения его от окружающей среды, или профиль, получаемый при сечении реальной поверхности плоскостью. *Номинальная поверхность* — идеальная

поверхность, номинальная форма которой задана в чертеже или в другой технической документации. *Номинальный профиль* — профиль номинальной поверхности.

*Элемент* — обобщенный термин, под которым в зависимости от существующих условий понимается поверхность, часть поверхности, линия (профиль поверхности, линия пересечения двух поверхностей, ось поверхности или сечения), точка (точка пересечения поверхностей или линий, центр окружности или сферы). *Нормируемый участок* поверхности или линии тот, к которому относится допуск (отклонение) формы или расположения элемента, причем этот участок должен быть задан размерами, определяющими его площадь или угол сектора, длину, а в необходимых случаях и расположение участка на элементе. Если нормируемый участок не задан, то допуск (отклонение формы или расположения) должен относиться ко всей поверхности или длине рассматриваемого элемента; для криволинейных поверхностей или профилей нормируемый участок может задаваться размером проекции поверхности или профиля.

Основные виды *прилегающих поверхностей и профилей*, установленные ГОСТ 24642—81: прилегающая плоскость, прилегающий цилиндр, прилегающая прямая, прилегающая окружность.

*Базовая поверхность* формы имеет форму номинальной поверхности или эквидистантна ей и служит базой для количественной оценки отклонения формы реальной поверхности. Аналогично базовый профиль имеет форму номинального профиля или эквидистантного профиля и служит базой для количественной оценки отклонений формы реального профиля [22].

Прилегающие элементы являются основными для базовых, от которых производится количественная оценка.

Шероховатость поверхности *не включается* в отклонение формы, хотя в обоснованных случаях допускается нормировать отклонение формы, включая шероховатость поверхности; последнее может потребоваться при зависимых допусках расположения, если проверка годности осуществляется комплексными калибрами.

Волнистость поверхности *включается* в отклонение формы. В обоснованных случаях допускается нормировать отдельно волнистость поверхности или часть отклонения формы без учета волнистости.

*Номинальное расположение* — расположение рассматриваемого элемента (поверхности или профиля), определяемое номинальными линейными и угловыми размерами между ним и базами или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы. Номинальное расположение определяется непосредственно изображением детали на чертеже без числового значения номинального размера между элементами в трех случаях:

- 1) номинальный линейный размер равен нулю (требования соосности, симметричности, совмещения элементов в одной плоскости);
- 2) номинальный угловой размер равен  $0$  или  $180^\circ$  (требование параллельности);
- 3) номинальный угловой размер равен  $90^\circ$  (требование перпендикулярности).

*Отклонение расположения* — отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. При оценке отклонений расположения отклонения формы рассматриваемых и базовых элементов должны исключаться из рассмотрения.

*Суммарное отклонение формы и расположения* — отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно заданных баз. Количественно суммарные отклонения формы и расположения оцениваются в соответствии с определениями, приведенными ниже, по точкам реального рассматриваемого элемента относительно прилегающих базовых элементов или их осей.

**Отклонения формы.** Стандарт устанавливает следующие виды отклонений формы. 1. Отклонение от прямолинейности. Разновидностями его являются: отклонение от прямолинейности в плоскости, отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве и отклонение от прямолинейности оси (или линии) в заданном направлении.

*Отклонение от прямолинейности в плоскости* — наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реального профиля  $l$  до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка (рис. 5.2, а).

Частными видами отклонения от прямолинейности являются выпуклость и вогнутость. *Выпуклость* — отклонение от прямолинейности, при котором удаление

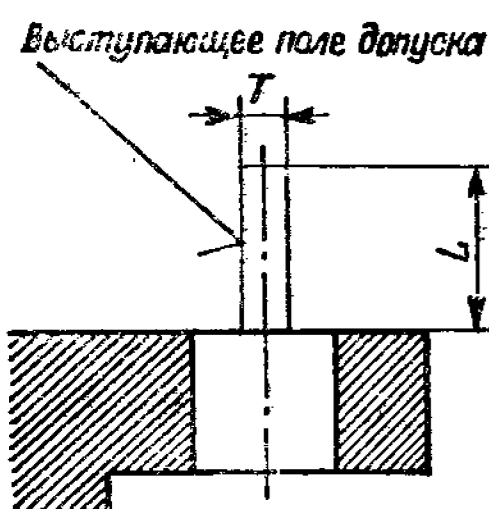


Рис. 5.1. Выступающее поле допуска расположения:  
 $T$  — допуск расположения;  $L$  — длина нормируемого участка (заданная длина)

точек реального профиля от прилегающей прямой 2 уменьшается от краев к середине (рис. 5.2, б). *Вогнутость* — отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой увеличивается от краев к середине (рис. 5.2, в).

*Отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве* — наименьшее значение диаметра  $\Delta$  цилиндра, внутри которого располагается реальная ось 3 поверхности вращения (линия) в пределах нормируемого участка (рис. 5.2, г).

*Отклонение от прямолинейности оси (или линии) в заданном направлении* — наименьшее расстояние между двумя параллельными плоскостями, перпендикулярными к плоскости заданного направления 5, в пространстве между которыми располагается реальная ось 4 поверхности вращения (линия) в пределах нормируемого участка (рис. 5.2, д).

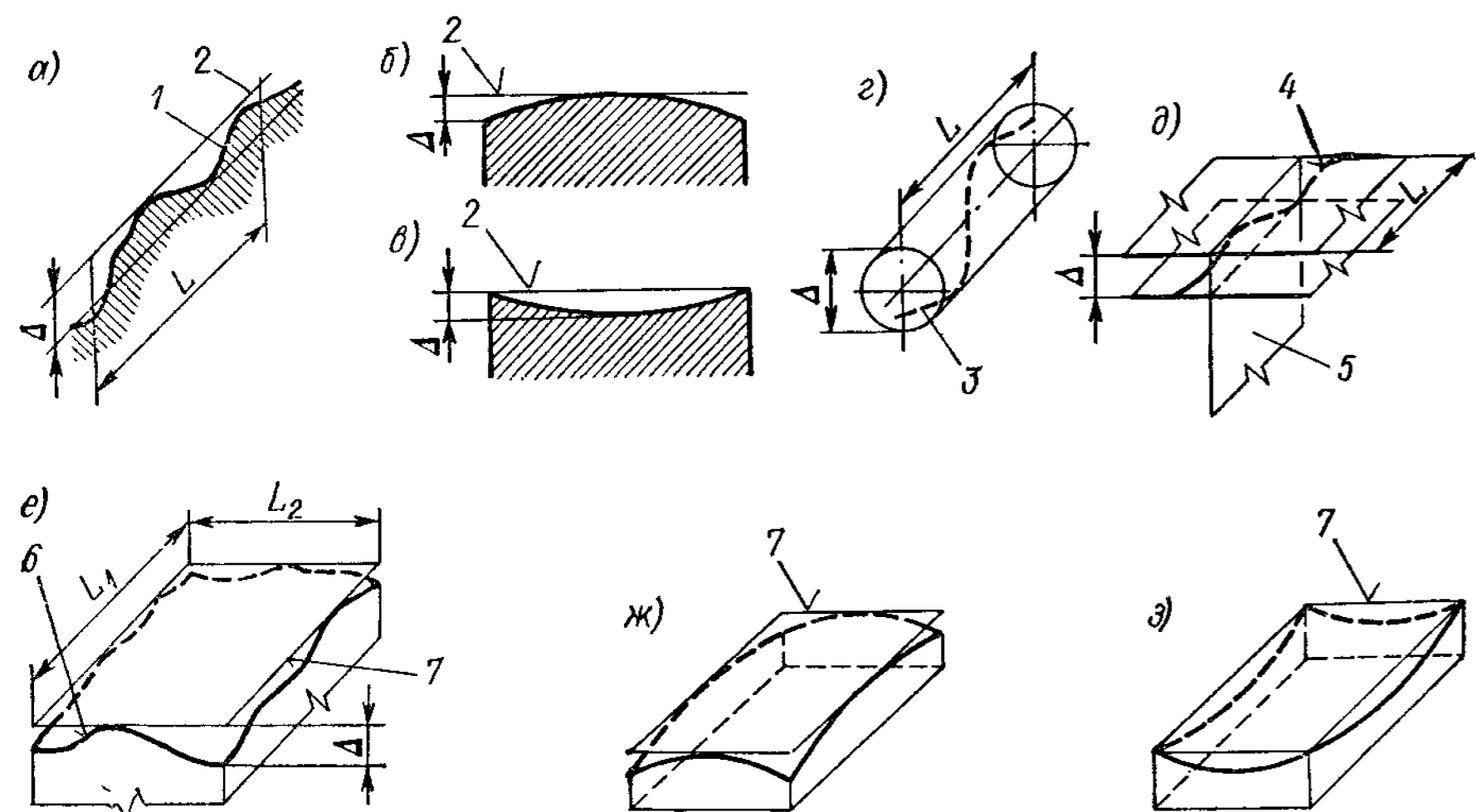


Рис. 5.2. Отклонения от прямолинейности (а, б, в, г, д) и от плоскостности (е, ж, з)

2. Отклонение от плоскостности. Это наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности 6 до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. 5.2, е).

Частными видами отклонений от плоскостности являются выпуклость и вогнутость. *Выпуклость* — отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности 6 от прилегающей плоскости 7 уменьшается от краев к середине (рис. 5.2, ж). *Вогнутость* — отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности 6 от прилегающей плоскости 7 увеличивается от краев к середине (рис. 5.2, з).

3. Отклонение от круглости. Это наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реального профиля 2 до прилегающей окружности 1 (рис. 5.3, а).

Частными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка. *Овальность* — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 5.3, б). *Огранка* — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Огранка подразделяется по числу граней. В частности, огранка с нечетным числом граней характеризуется тем, что диаметры профиля поперечного сечения во всех направлениях одинаковы (рис. 5.3, в). Количественно овальность и огранка оцениваются так же, как отклонение от круглости<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В ранее разработанной технической документации овальность оценивалась разностью между наибольшим и наименьшим диаметрами поперечного сечения, т. е. удвоенным значением отклонения от круглости.

4. Отклонение от цилиндричности. Это наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности 4 до прилегающего цилиндра 3 в пределах нормируемого участка (рис. 5.3, г).

5. Отклонение профиля продольного сечения. Это наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек образующих реального профиля 2, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля 1 в пределах нормируемого участка (рис. 5.4, а).

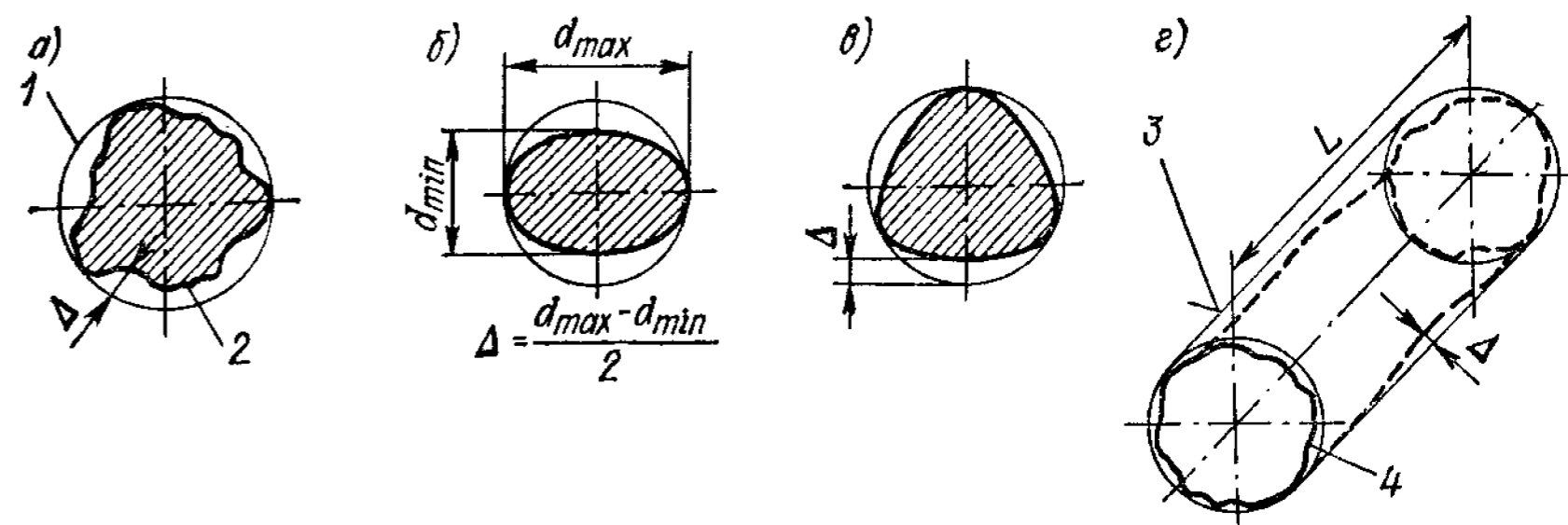


Рис. 5.3. Отклонения от круглости (а, б, в) и от цилиндричности (г)

Отклонение профиля продольного сечения характеризует отклонения от прямолинейности и параллельности образующих. Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность. *Конусообразность* — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 5.4, б). *Бочкообразность* — отклонения профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 5.4, в). *Седлообразность* — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры

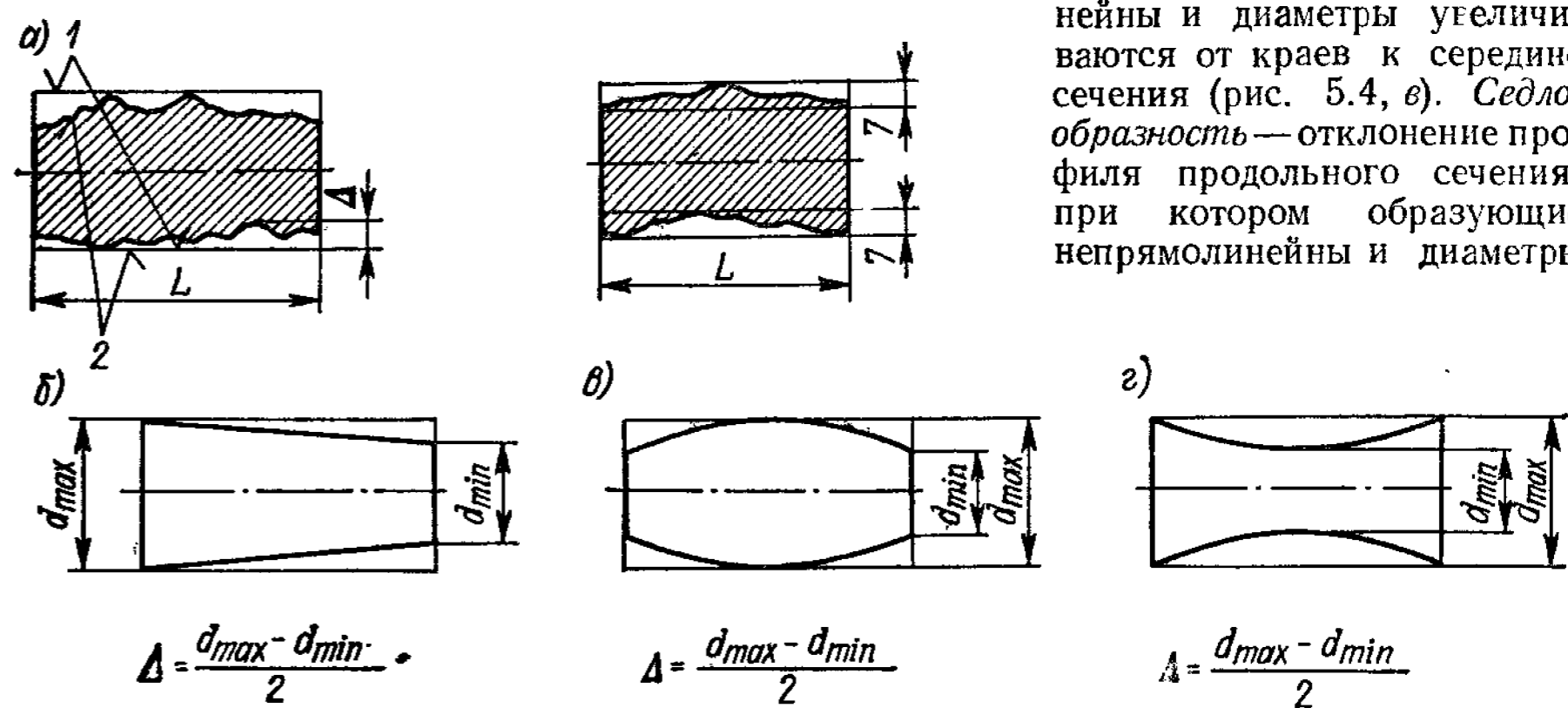


Рис. 5.4. Отклонения профиля продольного сечения цилиндрической поверхности (а) и его частные виды: б — конусообразность; в — бочкообразность; г — седлообразность

уменьшаются от краев к середине сечения (рис. 5.4, г). Количественно конусообразность, бочкообразность и седлообразность оцениваются так же, как и отклонение профиля продольного сечения<sup>1</sup>.

**Отклонения расположения.** Стандарт устанавливает следующие основные виды отклонений расположения поверхностей и (или) элементов деталей машин и приборов.

<sup>1</sup> В ранее разработанной технической документации названные отклонения оценивались разностью между наибольшим и наименьшим диаметрами продольного сечения, т. е. удвоенным значением отклонения профиля продольного сечения.



**Отклонение от параллельности** имеет разновидности: отклонение от параллельности плоскостей; отклонение от параллельности оси (или прямой) и плоскости; отклонение от параллельности прямых в плоскости; отклонение от параллельности осей (или прямых) в пространстве, частными видами которого являются отклонение от параллельности осей (или прямых) в общей плоскости и перекос осей (или прямых).

**Отклонение от перпендикулярности** имеет разновидности: отклонение от перпендикулярности плоскостей; отклонение от перпендикулярности плоскости или оси (или прямой) относительно оси (прямой); отклонение от перпендикулярности оси (или прямой) относительно плоскости в заданном направлении; отклонение от перпендикулярности оси (или прямой) относительно плоскости.

**Отклонение наклона** имеет разновидности: отклонение наклона плоскости относительно плоскости или оси (или прямой); отклонение наклона оси (или прямой) относительно оси (прямой) или плоскости.

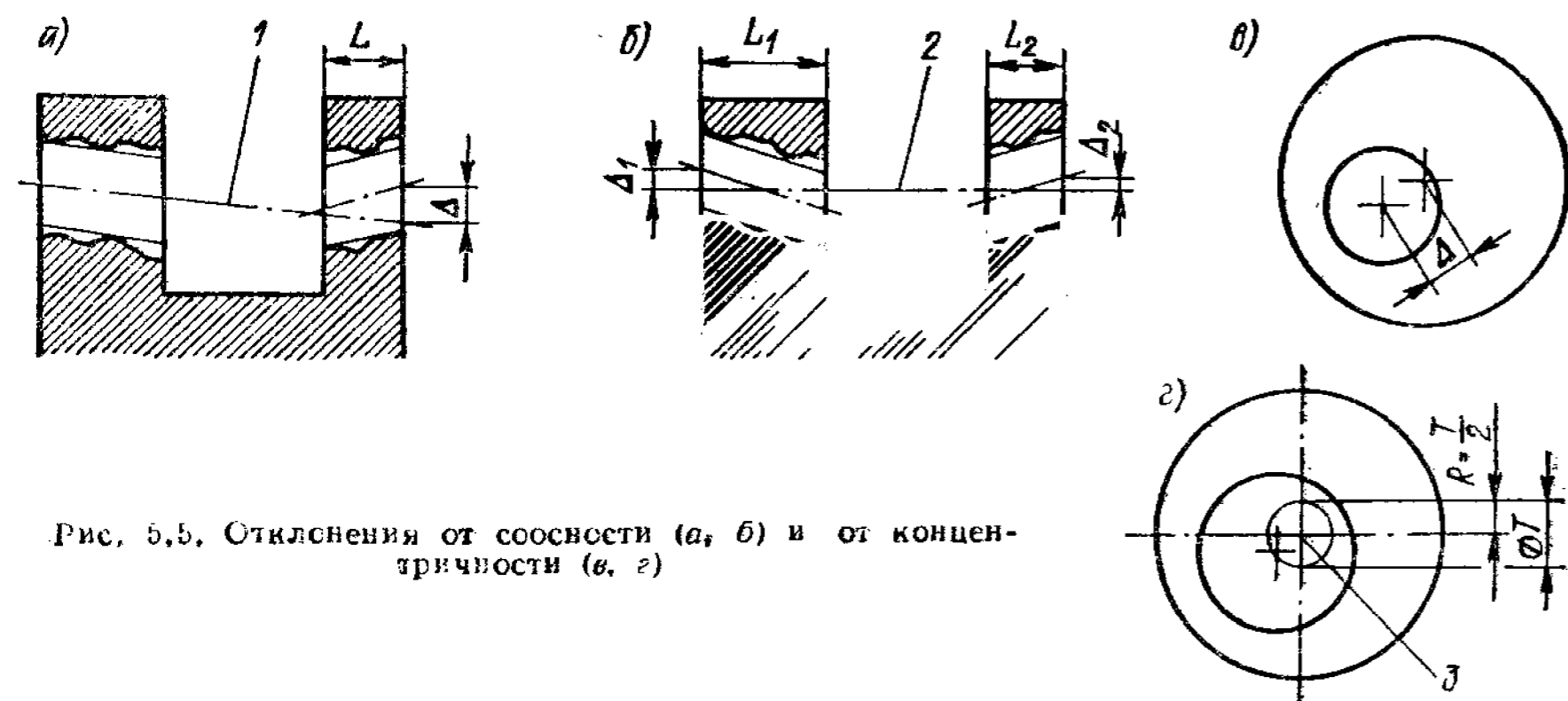


Рис. 5.5. Отклонения от соосности (а, б) и от концентричности (в, г)

**Отклонение от соосности** имеет разновидности: отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности 1 (рис. 5.5, а), отклонение от соосности относительно общей оси 2 (рис. 5.5, б). Допуск соосности рекомендуется указывать в диаметральном выражении. Кроме названных выше терминов в отдельных случаях могут применяться понятия об отклонении от концентричности и допуске концентричности. **Отклонение от концентричности** — расстояние в заданной плоскости между центрами профилей (линий), имеющих номинальную форму окружности (рис. 5.5, в). **Допуск концентричности** в диаметральном выражении — удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения от концентричности; в радиусном выражении — наибольшее допускаемое значение отклонения от концентричности; **поле допуска концентричности** — область на заданной плоскости, ограниченная окружностью, диаметр которой равен допуску концентричности в диаметральном выражении  $T$  или удвоенному допуску концентричности в радиусном выражении  $R$ , а центр совпадает с базовым центром 3 (лежит на базовой оси, рис. 5.5, г).

**Отклонение от симметричности** имеет разновидности: отклонение от симметричности относительно базового элемента 1 (рис. 5.6, а); отклонение от симметричности относительно общей плоскости симметрии 2 (рис. 5.6, б).

**Позиционное отклонение** является нововведением стандарта. Приведем его определение. **Позиционное отклонение** — наибольшее расстояние  $\Delta$  между реальным расположением элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением 3 в пределах нормируемого участка (рис. 5.6, в). **Позиционный допуск** в диаметральном выражении — удвоенное наибольшее допускаемое значение позиционного отклонения элемента; в радиусном выражении — наибольшее допускаемое значение позиционного отклонения элемента.

Позиционный допуск рекомендуется указывать в диаметральном выражении.

Для нормирования расположения элементов, их осей и плоскостей симметрии кроме позиционных допусков могут быть применены способы, основанные на указании предельных отклонений размеров, координирующих элементы.

**Отклонение от пересечения осей** — наименьшее расстояние  $\Delta$  между осями, номинально пересекающимися.

**Суммарные отклонения формы и расположения.** Стандарт устанавливает семь основных видов суммарных отклонений.

**Радиальное биение** — разность  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси 1 в сечении плоскостью, перпендикулярной к базовой оси (рис. 5.7, а). **Поле допуска радиального**

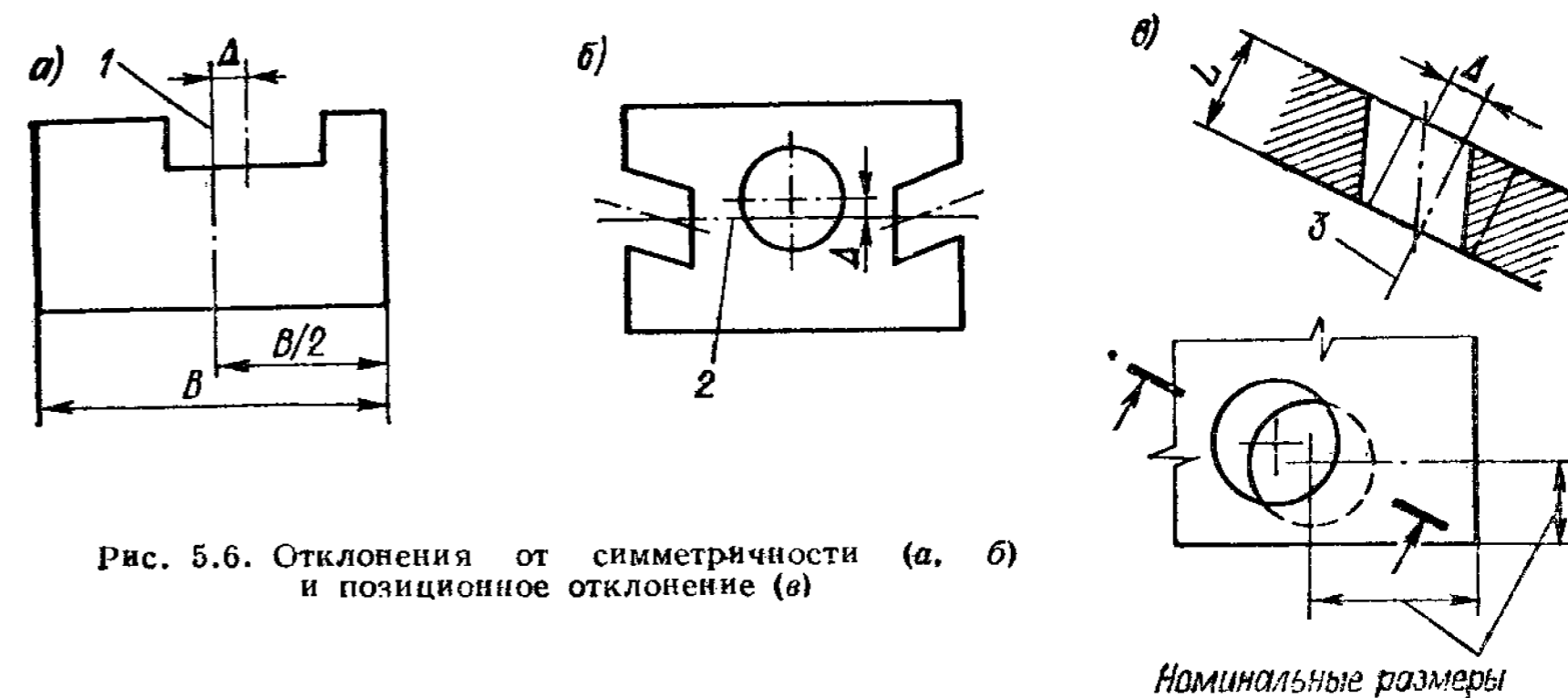


Рис. 5.6. Отклонения от симметричности (а, б) и позиционное отклонение (в)

**биения** — область на плоскости, перпендикулярной к базовой оси 1, ограниченная двумя концентричными окружностями с центром, лежащим на базовой оси, и отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску радиального биения  $T$  (рис. 5.7, б). Радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси. Оно не включает в себя отклонений формы и расположения образующей поверхности вращения.

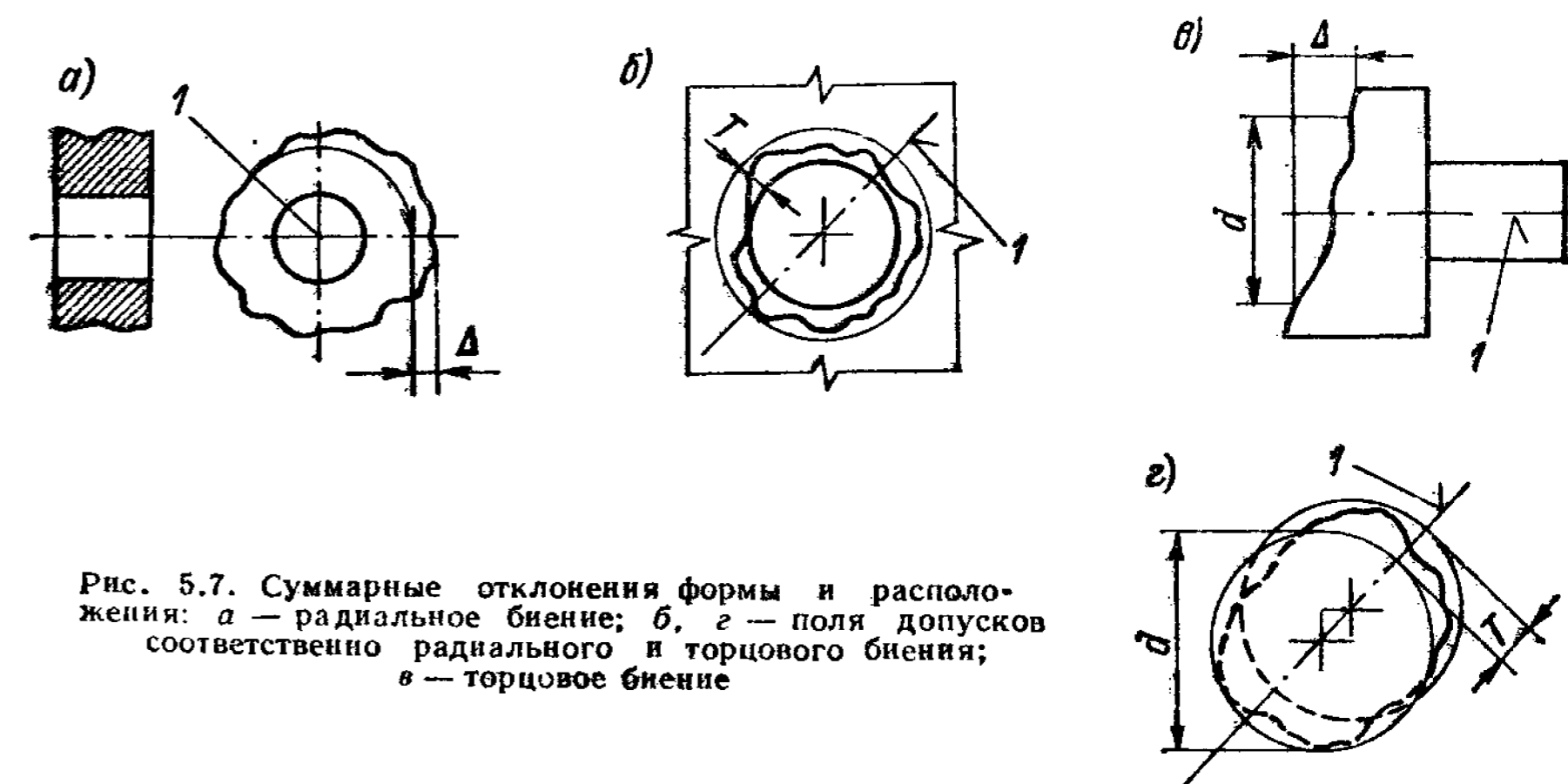


Рис. 5.7. Суммарные отклонения формы и расположения: а — радиальное биение; б, г — поля допусков соответственно радиального и торцового биения; в — торцовое биение

**Торцовое биение** — разность  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной к базовой оси 1 (рис. 5.7, в). При номинальной плоской форме торца торцовое биение является результатом совместного проявления отклонения от общей плоскости точек, лежащих на линии пересечения торцовой поверхности с секущим цилиндром, и отклонения от перпендикулярности торца относительно оси базовой поверхности

на длине, равной диаметру рассматриваемого сечения. Торцовое биение не включает в себя всего отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности.

**Поле допуска торцового биения** — область на боковой поверхности цилиндра, диаметр которого равен заданному или любому (в том числе и наибольшему) диаметру торцовой поверхности, а ось совпадает с базовой осью, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску торцового биения  $T$ , и перпендикулярными к базовой оси  $I$  (рис. 5.7, з).

Торцовое биение определяется в сечении торцовой поверхности цилиндром заданного диаметра, соосным с базовой осью, а если диаметр не задан, то в сечении любого (в том числе и наибольшего) диаметра торцовой поверхности.

**Биение в заданном направлении** является результатом совместного проявления в заданном направлении отклонений формы профиля рассматриваемого сечения и отклонений расположения оси рассматриваемой поверхности относительно базовой оси. Направление рекомендуется задавать по нормали к рассматриваемой поверхности.

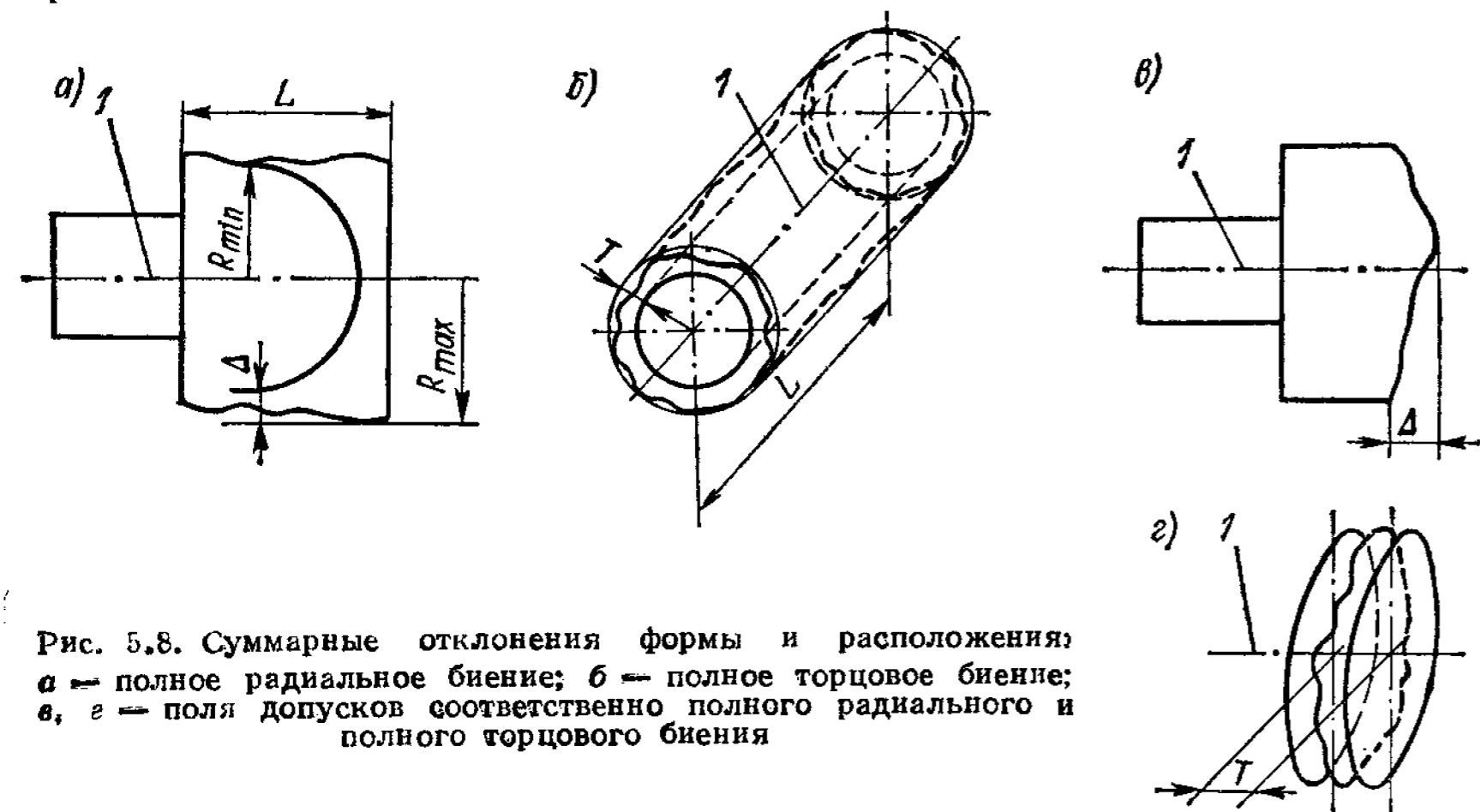


Рис. 5.8. Суммарные отклонения формы и расположения: а — полное радиальное биение; б — полное торцовое биение; в, г — поля допусков соответственно полного радиального и полного торцового биения

**Полное радиальное биение** — разность  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси  $I$  (рис. 5.8, а).

**Поле допуска полного радиального биения** — область в пространстве, ограниченная двумя цилиндрами, ось которых совпадает с базовой осью  $I$ , а боковые поверхности отстоят друг от друга на расстоянии, равном допуску полного радиального биения  $T$  (рис. 5.8, б). Приведенные выше термины применяются только к поверхностям в номинальной цилиндрической поверхности. Полное радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности рассматриваемой поверхности и отклонения от ее соосности относительно базовой оси.

**Полное торцовое биение** — разность  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной к базовой осью  $I$  (рис. 5.8, в).

**Поле допуска полного торцового биения** — область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску полного торцового биения  $T$  и перпендикулярными к базовой оси  $I$  (рис. 5.8, г). Эти термины применяются только к торцовым поверхностям с номинальной плоской формой. Полное торцовое биение является результатом совместного проявления отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности и отклонения от ее перпендикулярности относительно базовой оси.

**Отклонение формы заданного профиля** — наибольшее отклонение  $\Delta$  точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка.

**Отклонение формы заданной поверхности** — наибольшее отклонение  $\Delta$  точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемого участка.

Термины «отклонение формы заданного профиля (поверхности)» применяются в случаях:

когда профиль (поверхность) задан номинальными размерами — координатами отдельных точек профиля (поверхности) или размерами его элементов без предельных отклонений этих размеров (размерами в рамках);

когда базы не заданы, расположение номинального профиля (поверхности) относительно реального определяется условием получения минимального отклонения формы профиля (поверхности);

когда отклонение формы заданного профиля (поверхности) является результатом совместного проявления отклонений размеров и формы профиля (поверхности), а также отклонений расположения его относительно заданных баз.

Кроме рассмотренных выше семи видов отклонений могут нормироваться и другие суммарные отклонения формы и расположения поверхностей, например: суммарное отклонение параллельности и плоскостности; суммарное отклонение перпендикулярности и плоскостности; суммарное отклонение наклона и плоскостности и др. Обозначения видов допусков формы и расположения и примеры их указания на чертежах приведены в гл. 16.

**Независимые и зависимые допуски.** Допуски расположения относительно полей допусков координируемых размеров делятся на независимые допуски; независимые допуски разностные и зависимые допуски. Из этих трех категорий ГОСТ 24642—81 (СТ СЭВ 301—76) стандартизованы независимые и зависимые допуски.

**Независимым** называется допуск расположения, числовое значение которого определяется только заданным предельным отклонением расположения и не зависит от действительных отклонений размеров рассматриваемых поверхностей. Независимые допуски расположения назначаются по отдельным типовым отклонениям в зависимости от степени их влияния на кинематические и динамические факторы качества работы машины или прибора. Например, биение приводит к неравномерности вращения и вибрациям, эксцентриситет лимба — к ошибкам в отсчетах показаний прибора, отклонения в расстоянии между осями зубчатых колес — к погрешностям зацепления и т. п. Контроль в таких случаях должен обеспечить измерение отклонений расположения независимо от действительных отклонений размеров координируемых поверхностей (показывающие средства измерения).

**Независимый разностный допуск** расположения также не зависит от действительных размеров. Его отличие от предыдущего допуска в том, что при наличии нескольких однотипных элементов детали разность действительных отклонений двух смежных или любых элементов не должна превышать заданного дополнительного допуска, который задается обычно меньшим, чем допуск расположения. Этот допуск влияет на плавность работы, равномерную передачу усилий и пр.

**Зависимым** называется допуск расположения, числовое значение которого зависит не только от заданного предельного отклонения расположения, но и от действительных отклонений размеров рассматриваемых (координируемых) поверхностей (диаметра цилиндрических отверстий и валов, ширины призматических пазов и выступов и т. п.). При зависимых допусках должны задаваться предельные отклонения расположения, соответствующие наименьшим предельным размерам охватываемых поверхностей (отверстий) и наибольшим предельным размерам охватываемых поверхностей (валов).

Если действительные размеры будут отличаться от указанных предельных значений (не выходя из полей допусков на их размеры), то при изготовлении и приемке продукции допускается превышение проставленных на чертеже предельных отклонений расположения на величину, компенсируемую действительными отклонениями размеров.

**Зависимые допуски** расположения назначаются для деталей, которые сопрягаются одновременно по двум или нескольким поверхностям и для которых требования взаимозаменяемости сводятся к обеспечению собираемости, т. е. к соединению деталей по всем сопрягаемым поверхностям с соблюдением заданных условий сборки (например, гарантированного зазора). Для обеспечения собираемости в сопряжении должны быть предусмотрены зазоры для компенсации отклонений расположения.

Применение зависимых допусков расположения удешевляет изготовление и упрощает приемку продукции и поэтому зависимые допуски расположения являются предпочтительными.

О зависимых допусках расположения на чертежах или в технических требованиях имеется специальное указание, при этом числовое значение зависимого допуска может быть связано: 1) либо с действительными размерами прилегающего рассматриваемого элемента; 2) либо только с действительным размером прилегающего рассматриваемого элемента; 3) либо только с действительным размером прилегающего базового элемента.

Допускается указание на чертежах или в технических требованиях нулевого значения зависимого допуска расположения или формы. Это отклонение допускается только для деталей, у которых наблюдается соответствующее отклонение действительного размера прилегающих рассматриваемого или базового элемента от проходного предела, т. е. в сторону материала детали.

## 5.2. Допуски формы и расположения поверхностей

Числовые значения допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей деталей машин и приборов должны применяться для сборочных единиц в соответствии с табл. 5.1.

Таблица 5.1. Числовые значения допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения (мкм) по ГОСТ 24643—81 (СТ СЭВ 636—77)

0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1 000	1 200	1 600	2 000	2 500	3 000	4 000	5 000	6 000	8 000
10 000	12 000	16 000	—	—	—	—	—	—	—

Для каждого вида допусков формы или расположения (для которых предусмотрены степени точности) установлено 16 степеней точности.

Для отдельных видов допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей числовые значения предпочтительнее устанавливать в соответствии со степенями точности, указанными в табл. 5.2—5.5. Допускаются назначения тех числовых значений по табл. 5.1, которые не предусмотрены степенями точности для данного интервала номинальных размеров.

Для позиционных допусков, допусков формы заданного профиля или заданной поверхности числовые значения назначаются по табл. 5.1, так как степени точности для них не установлены.

## 5.3. Нормирование предельных отклонений формы и расположения

Если предельные отклонения формы и расположения поверхностей особо не оговорены, то это означает, что они ограничиваются полем допуска на размер или регламентируются в нормативных материалах на допуски, не проставляемые у размеров.

Предельные отклонения формы и расположения поверхностей (допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, плоскостности, прямолинейности и параллельности) назначаются в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера, т. е. при наличии особых требований к точности деталей

Таблица 5.2. Допуски плоскостности и прямолинейности по ГОСТ 24643—81 (СТ СЭВ 636—77)

Интервал размеров, мм	Степень точности																	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
До 10	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1200
Св. 10 до 16	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	1600
» 16 » 25	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1200	1600
» 25 » 40	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	1600	2000
» 40 » 63	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1200	1600	2000
» 63 » 100	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	1600	2000	2500
» 100 » 160	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1200	1600	2000	2500
» 160 » 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	1600	2000	2500	3000
» 250 » 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1200	1600	2000	2500	3000
» 400 » 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	1600	2000	2500	3000	3000
» 630 » 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1200	1600	2000	2500	3000	3000
» 1000 » 1600	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	1600	2000	2500	3000	3000	3000
» 1600 » 2500	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1200	1600	2000	2500	3000	3000	3000
» 2500 » 4000	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	1600	2000	2500	3000	3000	3000	3000
» 4000 » 6300	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1200	1600	2000	2500	3000	3000	3000	3000
» 6300 » 10000	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	1600	2000	2500	3000	3000	3000	3000	3000

Примечание. Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный больший диаметр торцовой поверхности.



**Т а б л и ц а 5.3. Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона, торцового биения и полного торцового биения по ГОСТ 24643—81 (СТ СЭВ 636—77)**

Интервал размеров, мм	Степень точности															
	Допуски, мкм															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
До 10	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630		
Св. 10 до 16	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500		
» 16 » 25	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630		
» 25 » 40	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800		
» 40 » 63	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000		
» 63 » 100	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200		
» 100 » 160	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600		
» 160 » 250	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000		
» 250 » 400	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500		
» 400 » 630	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000		
» 630 » 1000	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000		
» 1000 » 1600	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000		
» 1600 » 2500	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300		
» 2500 » 4000	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000	8000		
» 4000 » 6300	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	10000		
» 6300 » 10000	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000	8000	12000		

**П р и м е ч а н и е.** При назначении допусков параллельности, перпендикулярности, наклона под номинальным размером понимается длина нормируемого участка или вся длина рассматриваемой поверхности (для допуска параллельности — длина большей стороны), если нормируемый участок не задан. При назначении допусков торцового биения под номинальным размером понимается заданный диаметр или номинальный больший диаметр торцовой поверхности. При назначении допусков полного торцового биения под номинальным размером понимается номинальный больший диаметр рассматриваемой торцовой поверхности.

**Т а б л и ц а 5.4. Допуски радиального биения и полного радиального биения. Допуски соосности, симметричности, пересечения в диаметральном выражении по ГОСТ 24643—81 (СТ СЭВ 636—77)**

Интервал размеров, мм	Степень точности															
	Допуски, мкм															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
До 3	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800		
Св. 3 до 10	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000		
» 10 » 18	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200		
» 18 » 30	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600		
» 30 » 50	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000		
» 50 » 120	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500		
» 120 » 250	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000		
» 250 » 400	10	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000		
» 400 » 630	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000		
» 630 » 1000	16	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300		
» 1000 » 1600	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000	8000		
» 1600 » 2500	25	40	60	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300	10000		

**П р и м е ч а н и е.** При назначении допусков радиального биения и полного радиального биения под номинальным размером понимается диаметр рассматриваемой поверхности. При назначении допусков соосности, симметричности, пересечения осей под номинальным размером понимается диаметр рассматриваемой поверхности вращения или размер между поверхностями, образующими рассматриваемый симметричный элемент. Если база не указывается, то допуск определяется по элементу, имеющему больший размер.



Т а б л и ц а 5.5. Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения по ГОСТ 24643—81 (СТ СЭВ 636—77)

Интервал размеров, мм	Степень точности															
	Допуски, мкм															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16			
До 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3		
Св. 3 до 10	1,0	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4		
» 10 » 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5		
» 18 » 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6		
» 30 » 50	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8		
» 50 » 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1,0		
» 120 » 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2		
» 250 » 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1,0	1,6		
» 400 » 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2,0		
» 630 » 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1,0	1,6	2,5		
» 1000 » 1600	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2,0	3,0		
» 1600 » 2500	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1,0	1,6	2,5	4,0		

П р и м е ч а н и я: 1. Под номинальным размером понимается диаметр поверхности. 2. При выборе степени точности по относительной точности (см. табл. 5.6) необходимо располагать сведениями о качестве размера по ГОСТ 25346—82 и интервалах номинальных размеров (табл. 5.5). Допустим, для качества размера IT6 и интервала размера св. 50 до 120 мм для относительной геометрической точности А по табл. 5.6 рекомендуется 5-я степень точности (6 мкм), для В — 4-я степень точности (4 мкм), а для С — 3-я степень точности (2,5 мкм).

и узлов, вытекающих из условий их работы или изготовления. Исключение составляют случаи, когда истолкование предельных размеров отличается от установленного в ГОСТ 25346—82 [28], например для поверхностей несопрягаемых или легко деформируемых элементов. В этих случаях допуски формы или расположения может и не быть составной частью допуска размера, а его числовое значение может превышать допуск размера.

ГОСТ 24643—81 рекомендует соотношения между допуском формы или расположения и допуском размера для тех видов допусков формы и расположения, которые являются составной частью допуска размера на основе истолкования предельных размеров по ГОСТ 25346—82 (см. п. 3.1).

Т а б л и ц а 5.6. Рекомендуемые относительные геометрические точности

Качество допуска по ГОСТ 25346—82	Уровни относительной геометрической точности	Степень точности формы по табл. 5.5 (допуски цилиндричности)	Качество допуска по ГОСТ 25346—82	Уровни относительной геометрической точности	Степень точности формы по табл. 5.5 (допуски цилиндричности)	Качество допуска по ГОСТ 25346—82	Уровни относительной геометрической точности	Степень точности формы по табл. 5.5 (допуски цилиндричности)
4	A B C	3 2 1	7	A B C	6 5 4	10	A B C	9 8 7
5	A B C	4 3 2	8	A B C	7 6 5	11	A B C	10 9 8
6	A B C	5 4 3	9	A B C	8 7 6	12	A B C	11 10 9

Установлены следующие уровни относительной геометрической точности, которые характеризуются соотношением между допуском формы или расположения и допуском размера (табл. 5.6): А — нормальная относительная геометрическая точность (для допуска формы или расположения используется примерно 60 % от допуска размера); В — повышенная относительная геометрическая точность (для допуска формы или расположения используется примерно 40 % от допуска размера); С — высокая относительная геометрическая точность (для допуска формы или расположения используется примерно 25 % от допуска размера). Указанные уровни относительной геометрической точности не исключают возможности в обоснованных

Т а б л и ц а 5.7. Допуски (мкм) формы цилиндрических

Интервал размеров, мм	Квалитеты								
	4			5			6		
	Относительная								
	А	В	С	А	В	С	А	В	С
До 3	0,8	0,5	0,3	1,2	0,8	0,5	2	1,2	0,8
Св. 3 до 6	1	0,6	0,4	1,6	1	0,6	2,5	1,6	1
Св. 6 до 10	1	0,6	0,4	1,6	1	0,6	2,5	1,6	1
Св. 10 до 18	1,2	0,8	0,5	2	1,2	0,8	3	2	1,2
Св. 18 до 30	1,6	1	0,6	2,5	1,6	1	4	2,5	1,6
Св. 30 до 50	2	1,2	0,8	3	2	1,2	5	3	2
Св. 50 до 80	2,5	1,6	1	4	2,5	1,6	6	4	2,5
Св. 80 до 120	2,5	1,6	1	4	2,5	1,6	6	4	2,5
Св. 120 до 180	3	2	1,2	5	3	2	8	5	3
Св. 180 до 250	3	2	1,2	5	3	2	8	5	3
Св. 250 до 315	4	2,5	1,6	6	4	2,5	10	6	4
Св. 315 до 400	4	2,5	1,6	6	4	2,5	10	6	4
Св. 400 до 500	5	3	2	8	5	3	12	8	5
Св. 500 до 630	5	3	2	8	5	3	12	8	5
Св. 630 до 800	6	4	2,5	10	6	4	16	10	6
Св. 800 до 1000	6	4	2,5	10	6	4	16	10	6
Св. 1000 до 1250	8	5	3	12	8	5	20	12	8
Св. 1250 до 1600	8	5	3	12	8	5	20	12	8
Св. 1600 до 2000	10	6	4	16	10	6	25	16	10
Св. 2000 до 2500	10	6	4	16	10	6	25	16	10
	Соответствующие степени								
	3	2	1	4	3	2	5	4	3

поверхностей в зависимости от качества допуска размера

допуска размера																	
7			8			9			10			11			12		
геометрическая точность																	
А	В	С	А	В	С	А	В	С	А	В	С	А	В	С	А	В	С
3	2	1,2	5	3	2	8	5	3	12	8	5	20	12	8	30	20	12
4	2,5	1,6	6	4	2,5	10	6	4	16	10	6	25	16	10	40	25	16
4	2,5	1,6	6	4	2,5	10	6	4	16	10	6	25	16	10	40	25	16
5	3	2	8	5	3	12	8	5	20	12	8	30	20	12	50	30	20
6	4	2,5	10	6	4	16	10	6	25	16	10	40	25	16	60	40	25
8	5	3	12	8	5	20	12	8	30	20	12	50	30	20	80	50	30
10	6	4	16	10	6	25	16	10	40	25	16	60	40	25	100	60	40
10	6	4	16	10	6	25	16	10	40	25	16	60	40	25	100	60	40
12	8	5	20	12	8	30	20	12	50	30	20	80	50	30	120	80	50
12	8	5	20	12	8	30	20	12	50	30	20	80	50	30	120	80	50
16	10	6	25	16	10	40	25	16	60	40	25	100	60	40	160	100	60
16	10	6	25	16	10	40	25	16	60	40	25	100	60	40	160	100	60
20	12	8	30	20	12	50	30	20	80	50	30	120	80	50	200	120	80
20	12	8	30	20	12	50	30	20	80	50	30	120	80	50	200	120	80
25	16	10	40	25	16	60	40	25	100	60	40	160	100	60	250	160	100
25	16	10	40	25	16	60	40	25	100	60	40	160	100	60	250	160	100
30	20	12	50	30	20	80	50	30	120	80	50	200	120	80	300	200	120
30	20	12	50	30	20	80	50	30	120	80	50	200	120	80	300	200	120
40	25	16	60	40	30	100	60	40	160	100	60	250	160	100	400	250	160
40	25	16	60	40	30	100	60	40	160	100	60	250	160	100	400	250	160
точности по табл. 5.5																	
6	5	4	7	6	5	8	7	6	9	8	7	10	9	8	11	10	9

**Таблица 5.9. Рекомендации по выбору степеней точности формы поверхностей (ориентировочные) [52]**

Степень точности по ГОСТ 24643—81	Примеры применения	Метод обработки
<i>Отклонения формы плоских поверхностей: плоскостность, прямолинейность</i>		
3—4	Направляющие станков повышенной точности. Столы фрезерных, плоскошлифовальных и других станков высокой точности	Доводка, суперфиниширование, тонкое шлифование, тонкое шабрение
5—6	Направляющие станков нормальной точности, точных приборов и машин. Рабочие поверхности столов станков нормальной и повышенной точности	Шлифование, шабрение, чистовое точение повышенной точности
7—8	Базовые поверхности кондукторов и других технологических приспособлений. Направляющие кривошипных и гидравлических прессов, ползуны. Опорные поверхности корпусов подшипников. Разъемы корпусов редукторов, масляных насосов	Шлифование, тонкие фрезерование и строгание, протягивание, чистовое точение
9—10	Опорные поверхности машин, устанавливаемых на клиньях и амортизаторах. Присоединительные поверхности арматуры и фланцев. Кронштейны и основания вспомогательных и других механизмов	Чистовые фрезерование, строгание и долбление, протягивание, точение
<i>Отклонения формы цилиндрических поверхностей: круглость</i>		
3—4	Рабочие поверхности плунжерных и золотниковых пар при высоких давлениях. Посадочные поверхности подшипников качения классов Р4 и Р2 и отверстия в корпусах для этих подшипников. Шейки шпинделей под подшипники станков повышенной точности	Тонкое точение, шлифование, алмазное растачивание, хонингование, доводка
5—6	Посадочные поверхности подшипников качения классов Р0, Р6 и Р5 на валах и в корпусах. Шейки под подшипники у станков нормальной точности. Поршни и цилиндры гидравлических устройств, насосов и компрессоров при средних давлениях. Цилиндры автомобильных двигателей. Поверхности соединений втулок с цилиндрами и корпусами в гидравлических системах высокого давления	Шлифование, алмазное растачивание, тонкое точение, тонкое развертывание, хонингование, протягивание
7—8	Гильзы, поршневые кольца и поршни тракторных двигателей. Отверстия под втулки в шатунах тракторных двигателей	Точение, сверление, растачивание, протягивание, черновое шлифование
9—10	Поршни и цилиндры насосов низких давлений. Подшипники скольжения с легкими условиями работы	Черновое точение, сверление, растачивание, зенкерование, вырубание в штампах обычной точности

случаях назначать допуск формы или расположения, для которого не используется менее 25 % от допуска размера.

Допуски цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения, соответствующие уровням А, В и С относительной геометрической точности в зависимости от качества допуска размера, приведены в табл. 5.7. Допуски формы цилиндрических поверхностей, соответствующие уровням А, В и С относительной геометрической точности, составляют примерно 30, 20 и 12 % от допуска размера, так как допуск формы ограничивает отклонение радиуса, а допуск размера — отклонение диаметра поверхности. Числовые значения допусков формы цилиндрических поверхностей, указанные в табл. 5.7 для уровней А, В и С, соответствуют степеням точности по табл. 5.5. Уровни относительной геометрической точности и соответствующие им степени точности формы цилиндрических поверхностей выбираются по табл. 5.6.

Для допусков прямолинейности, плоскостности и параллельности стандарт также устанавливает рекомендуемые соотношения, соответствующие уровням А, В и С относительной геометрической точности в зависимости от качества допуска размера.

Выбор предельных отклонений формы ( $\Delta_f$ ) цилиндрических поверхностей можно осуществлять в процентах от допуска ( $\delta_p$ ) на размер, ориентируясь на данные табл. 5.8. Эти отклонения рекомендуются при длине образующих  $L \leq 2d$ . При длине  $L > 2d$  во избежание дополнительных затрат на изготовление необходимо определить  $\Delta'_f$ :  $\delta_p \geq \Delta'_f \geq \Delta_f L / (2d)$  с последующим округлением полученных значений до ближайших из табл. 5.1 для соответствующего интервала диаметров.

**Таблица 5.8. Рекомендации по выбору предельных отклонений формы цилиндрических поверхностей [52]**

Квалитет	Посадка	Предельные отклонения формы ( $\Delta_f$ ) в процентах от допуска $\delta_p$ на размер	Примеры
6	С натягом Переходная С зазором	50—65 50—65 40—50	Пальцы и отверстия поршней; поршни и цилиндры; цапфы валов и подшипники скольжения; шейки коленчатых валов и отверстия головок шатунов и подобные сопряжения двигателей. Цапфы и подшипники скольжения ответственных валов производственных машин, редукторов и приборов. Неподвижные сопряжения повышенной точности
7	С натягом Переходная С зазором	50—65 30—50 30—40	
8—10	С натягом С зазором	60—75 30—50	
11—12	С зазором	20—30	

Если отклонение формы цилиндрических поверхностей указывается на чертеже детали, то шероховатость поверхностей по параметру рекомендуется устанавливать из соотношения:  $R_z \approx 0,5\Delta_f$  [52].

В табл. 5.9 приведены ориентировочные рекомендации по выбору степеней точности формы, а в табл. 5.10 — расположения поверхностей.

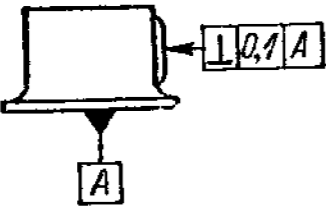
**Т а б л и ц а 5.10. Рекомендации по выбору степеней точности расположения поверхностей (ориентировочные) [52]**

Продолжение табл. 5.10

Степень точности по ГОСТ 24643—81	Характеристика поверхности	Метод обработки	Примеры применения
<i>Отклонения от параллельности плоскостей</i>			
3—4	В подвижных соединениях поверхности деталей, предназначенные для обеспечения высокой точности перемещения, а также малой утечки жидкости при больших давлениях и малых зазорах (с посадками типа Н/г)	Доводка, тонкое шлифование, шабрение	Основные рабочие поверхности станков высокой и повышенной точности. Скользящие поверхности деталей насосов
5—6	Поверхности деталей для обеспечения точного базирования при изготовлении и контроле, для точной установки рабочих подвижных поверхностей	Шлифование, тонкое фрезерование и строгание, шабрение	Рабочие поверхности станков нормальной точности. Базовые поверхности приспособлений. Трущиеся поверхности
7—8	Поверхности деталей, предназначенные для обеспечения нормальной точности перемещения, центрирования или направления	Шлифование, фрезерование, строгание, опилка, протягивание, литье под давлением	Номинально параллельные поверхности машиностроительных деталей средней точности. Рабочие поверхности кондукторов средней точности
9—10	Поверхности, предназначенные для обеспечения невысокой точности центрирования, направления и установки рабочих поверхностей	Фрезерование, строгание, долбление	Стыковые поверхности без взаимного перемещения при невысоких требованиях к герметичности и точности соединений. Нерабочие поверхности
11—12		Все грубые способы обработки	

Степень точности по ГОСТ 24643—81	Характеристика поверхности	Метод обработки	Примеры применения
<i>Отклонения от параллельности поверхностей вращения</i>			
4—5 (5—6)	Поверхности деталей (в подвижных сопряжениях), предназначенные для обеспечения высокой точности перемещения, регулирования и отсчетов	Шлифование, координатное растачивание	Рабочие поверхности станков нормальной точности. Точные измерительные приборы и точные кондукторы
6—7 (7—8)	Поверхности деталей для обеспечения точного базирования при изготовлении и контроле, для точной установки рабочих подвижных поверхностей	Шлифование, растачивание на расточном станке, протягивание	Точные машиностроительные детали и кондукторы средней точности
8—9 (9—10)	Поверхности деталей, предназначенные для обеспечения нормальной точности перемещения, центрирования или направления	Растачивание, сверление и развертывание по кондуктору	Машиностроительные детали средней точности
13—15	—	Растачивание, сверление	Литые детали всех размеров из цветных сплавов



Степень точности по ГОСТ 24643—81	Характеристика поверхности	Метод обработки	Примеры применения
<p><i>Отклонения от перпендикулярности плоскостей</i></p> 			
3—4	Поверхности деталей, предназначенные для обеспечения высокой точности перемещения, регулирования и отсчетов	Доводка, тонкое шлифование, шабрение повышенной точности	Основные направляющие и базовые поверхности станков нормальной и повышенной точности. Точные инструменты и измерительные приборы
5	В подвижных соединениях поверхности деталей, предназначенные для обеспечения повышенной точности перемещения, регулирования и отсчетов; для восприятия больших осевых давлений при вращательном движении. В неподвижных соединениях поверхности деталей, предназначенные для обеспечения точного центрирования или направления рабочих поверхностей особо ответственного назначения, точной установки рабочих подвижных поверхностей	Тонкое шлифование, шабрение	Ответственные детали точных станков, измерительных инструментов и приборов средней точности
6—7	В подвижных соединениях поверхности, предназначенные для обеспечения точного перемещения регулирования и отсчетов, малой утечки жидкости	Чистовое шлифование, шабрение, тонкое фрезерование и строгание	Ответственные детали станков средней точности, детали насосов, двигателей внутреннего сгорания, точных кондукторов и приспособлений

Степень точности по ГОСТ 24643—81	Характеристика поверхности	Метод обработки	Примеры применения
6—7	при средних давлениях среды и малых зазорах в соединениях. В неподвижных соединениях поверхности, предназначенные для обеспечения точного центрирования или направления рабочих подвижных поверхностей ответственного назначения, точной установки рабочих подвижных поверхностей	Чистовое шлифование, шабрение, тонкое фрезерование и строгание	Ответственные детали станков средней точности, детали насосов, двигателей внутреннего сгорания, точных кондукторов и приспособлений
8	В подвижных соединениях поверхности, предназначенные для восприятия незначительных осевых давлений при вращательном движении и нормальных зазорах между поверхностями трения. В неподвижных соединениях поверхности, предназначенные для центрирования или направления рабочих подвижных поверхностей ответственного назначения, нормальной точности установки рабочих подвижных поверхностей; для точного базирования деталей при изготовлении и контроле	Шлифование, чистовое строгание, фрезерование и долбление	Ответственные машиностроительные детали кондукторов и приспособлений
9—10	В подвижных соединениях малоответственные поверхности, предназначенные для восприятия малых случайных осевых давлений на движущиеся торцовые поверхности при больших зазорах В неподвижных соединениях поверхности, предназначенные для обеспечения невысокой точности центрирования или направления рабочих поверхностей, установки рабочих поверхностей	Строгание, фрезерование, долбление	Машиностроительные детали средней точности

Степень точности по ГОСТ 24643—81	Характеристика поверхности	Метод обработки	Примеры применения
11	Поверхности неответственных соединений. Свободные поверхности	Все способы обработки	Машиностроительные детали средней точности
12		Все грубые способы обработки (экономическая точность)	Грубые машиностроительные детали
Отклонения от перпендикулярности торца (торцовое биение)			
3—4	Поверхности, предназначенные для обеспечения высокой точности перемещения, регулирования и отсчетов, для восприятия больших осевых давлений при вращательном движении	Доводка, тонкое шлифование, шабрение повышенной точности	Опорные и трущиеся поверхности ответственных машиностроительных деталей, точных станков и турбин. Фланцы валов крупных турбин и генераторов
5—6		Шлифование, шабрение, тонкое обтачивание и растачивание	
7	Поверхности, предназначенные для восприятия значительных осевых давлений при вращательном движении и нормальных зазоров между поверхностями трения, для точной установки рабочих подвижных поверхностей	Шлифование, шабрение, тонкое обтачивание и растачивание	Опорные и трущиеся поверхности машиностроительных деталей
8—9	Малоответственные поверхности, предназначенные для восприятия малых случайных осевых давлений на движущиеся торцы при больших зазорах	Шлифование, чистовое обтачивание и растачивание	Малоответственные рабочие поверхности машиностроительных деталей
10—12	Малоответственные поверхности, когда возможна компенсация ошибок положения	Шлифование, обтачивание, растачивание	Плоские поверхности под установку прокладок, под арматуру и т. п. Свободные поверхности

Степень точности по ГОСТ 24643—81	Характеристика поверхности	Метод обработки	Примеры применения
Отклонения от соосности (радиальное биение)			
3—4	—	Доводка, тонкое шлифование, тонкое обтачивание, суперфиниширование, хонингование	Рабочие поверхности шпинделей, столов и других деталей станков повышенной и нормальной точности. Детали гидравлических машин. Ответственные детали особо точных машин, выполняемые по 5-му качеству. Измерительные инструменты и приборы
5—6	—	Чистовое шлифование, тонкое обтачивание и растачивание	Точные машиностроительные детали, изготавливаемые по 6—7-му качеству
7	—	Шлифование, чистовое обтачивание и растачивание	Машиностроительные детали, изготавливаемые по 8—9-му качеству
8	—	Точение, растачивание, вытяжка в штампах	Машиностроительные детали, изготавливаемые по 10—11-му качеству
9—10	—		Машиностроительные детали, изготавливаемые по 12—13-му качеству
<p>Примечание. Степени точности, указанные в скобках, рекомендуются для отклонений от параллельности оси одной детали по отношению к оси другой (сопрягаемой)</p>			

## Глава 6. ШЕРОХОВАТОСТЬ И ВОЛНИСТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ

### 6.1. Шероховатость поверхностей

**Общие положения.** Шероховатость поверхности является одной из основных геометрических характеристик качества поверхности деталей и оказывает влияние на эксплуатационные показатели. Термины и определения основных понятий по шероховатости поверхности, установленные ГОСТ 25142—82 (СТ СЭВ 1156—78) [50], приведены в табл. 6.1.

С января 1980 г. СТ СЭВ 638—77 введен в ГОСТ 2789—73 [48], при этом в последнем изменена терминология, введены новые таблицы, упразднены классы шероховатости.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий. Если в этом нет необходимости, то требования к шероховатости поверхности не устанавливаются и шероховатость этой поверхности контролироваться не должна.

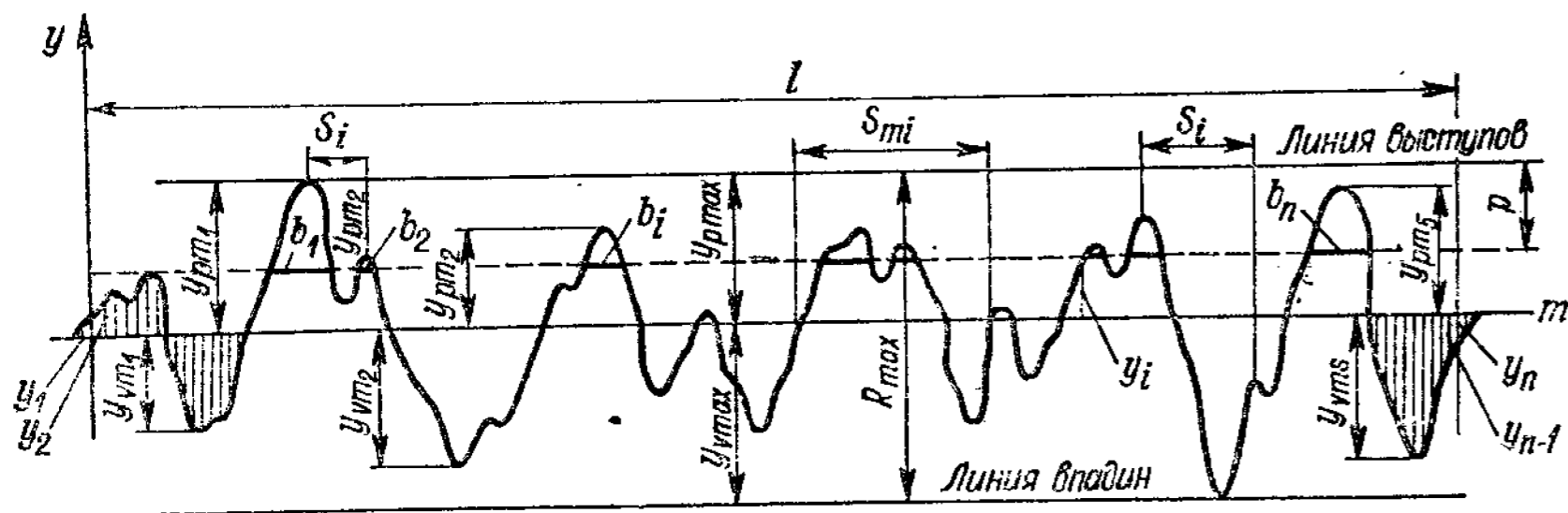


Рис. 6.1. Профиль шероховатости, его характеристики и параметры

[48]. Требования к шероховатости поверхности не включают требований к дефектам поверхности (раковины и пр.), поэтому при контроле шероховатости поверхности влияние дефектов поверхности должно быть исключено. В некоторых случаях допускается устанавливать требования к шероховатости отдельных участков одной поверхности, которые могут быть различными.

ГОСТ 2789—73\* (СТ СЭВ 638—77) разработан для обеспечения повышенных требований к качеству изделий путем полного учета свойств шероховатости поверхности и прогрессивных методов их нормирования. Он устанавливает требования к шероховатости поверхности независимо от способа ее получения или обработки. Это дает возможность применять требования стандарта к поверхностям, обработанным резанием и другими методами, например литьем, прессованием, электрофизическими и электрохимическими методами и т. д.

**Параметры для нормирования шероховатости поверхности.** Шероховатость поверхности (табл. 6.1, п. 1) оценивается по неровностям профиля (чаще поперечного), получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью (чаще всего в нормальном сечении). Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами (отклонения формы и волнистости) ее рассматривают в пределах ограниченного участка (рис. 6.1), длина которого называется базовой длиной  $l$  (табл. 6.1, п. 3). Базой для отсчета отклонений профиля является средняя линия профиля  $m$  (табл. 6.1, п. 15).

Для количественной оценки и нормирования шероховатости поверхностей ГОСТ 2789—73\* (СТ СЭВ 638—77) устанавливает шесть параметров: три высотных ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ), два шаговых ( $S_m$ ,  $S$ ) и параметр относительной опорной длины профиля ( $t_p$ ). Определения параметров [50] приведены в табл. 6.1 (пп. 28—30; 32; 34; 37), а числовые значения высотных и шаговых параметров, установленные [48], — в табл. 6.2—6.4. Стандарт [48], в отличие от предыдущих, устанавливает соотношения высотных параметров и базовой длины (табл. 6.5).

Таблица 6.1. Шероховатость поверхности (термины и определения) по ГОСТ 25142—82 (СТ СЭВ 1156—78) и ГОСТ 2789—73\* (СТ СЭВ 638—77)

№ пп.	Термин	Определение
<i>Поверхность, профиль и базы отсчета</i>		
1	Шероховатость поверхности	Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная, например, с помощью базовой длины
2	Базовая линия (поверхность)	Линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля (поверхности) и служащая для оценки геометрических параметров поверхности
3	Базовая длина	Длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности
4	Длина оценки $L$	Длина, на которой оцениваются значения параметра в шероховатости. Она может содержать одну или несколько базовых длин $l_1, l_2, l_3, \dots$
5	Реальная поверхность 1	Поверхность, ограничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды (а)
6	Номинальная поверхность 2	Поверхность, заданная в технической документации без учета допускаемых отклонений (неровностей) (б)

№ пп.	Термин	Определение
7	Профиль поверхности	Линия пересечения поверхности с плоскостью
8	Реальный профиль 1	Профиль реальной поверхности (а)
9	Номинальный профиль 2	Профиль номинальной поверхности (б)
10	Поперечный профиль 1	Профиль, получаемый при сечении поверхности плоскостью, перпендикулярной к направлению неровностей (а)
11	Продольный профиль 2	Профиль, получаемый при сечении поверхности плоскостью, параллельной направлению неровностей (б)
12	Периодический профиль	Профиль, который может быть описан периодической функцией, например профиль, полученный точением, фрезерованием и т. п.
13	Случайный профиль	Апериодический профиль, который описывается случайной функцией, например профиль, получаемый шлифованием и др.
14	Отклонение профиля $y$	Расстояние между точкой профиля и базовой линией ( $m$ — средняя линия профиля)

№ пп.	Термин	Определение
15	Средняя линия профиля $m$	Базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально
16	Местный выступ профиля 1	Часть профиля, расположенная между двумя соседними минимумами профиля
17	Местная впадина профиля 1	Часть профиля, расположенная между двумя соседними максимумами профиля
18	Местная неровность	Местный выступ и сопряженная с ним местная впадина
19	Выступ профиля 1	Часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная из тела (а)
20	Впадина профиля 2	Часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная в тело (б)



№ пп.	Термин	Определение
21	Неровность профиля	Выступ профиля и сопряженная с ним впадина профиля
22	Направление неровностей поверхности	Условный рисунок, образованный нормальными проекциями экстремальных точек неровностей поверхности на среднюю поверхность
23	Линия выступов профиля	Линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины
24	Линия впадин профиля	Линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины
25	Уровень сечения профиля $p$	Расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов (или средней линии) профиля, выраженное в процентах от $R_{\max}$

*Параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей*

26	Высота выступа профиля $y_{pm}$	Расстояние от средней линии профиля до высшей точки выступа профиля
27	Глубина впадины профиля $y_{vm}$	Расстояние от средней линии профиля до низшей точки впадины профиля

№ пп.	Термин	Определение
28	Наибольшая высота неровностей профиля $R_{\max}$	Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины ( $R_p$ — высота наибольшего выступа профиля; $R_v$ — глубина наибольшей впадины профиля)

29	Высота неровностей профиля по десяти точкам $R_z$	Сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины
----	---------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{5}$$

где  $y_{pmi}$  — высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля;  $y_{vmi}$  — глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля

30	Среднее арифметическое отклонение профиля $R_a$	Среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:
----	-------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx; \quad R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

где  $l$  — базовая длина;  $n$  — число выбранных точек профиля на базовой длине

№ пп.	Термин	Определение
<i>Параметры шероховатости, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля</i>		
31	Шаг неровностей профиля	Отрезок средней линии профиля, содержащий неровность профиля
32	Средний шаг неровностей профиля $S_m$	Среднее значение шага неровностей профиля по средней линии ( $m$ ) в пределах базовой длины
33	Шаг местных выступов профиля	Отрезок средней линии между проекциями на нее наивысших точек соседних местных выступов профиля
34	Средний шаг местных выступов профиля $S$	Среднее значение шагов местных выступов профиля (по вершинам), находящихся в пределах базовой длины
<i>Параметры шероховатости, связанные с формой неровностей профиля</i>		
35	Наклон профиля	Тангенс угла наклона в любой точке профиля в пределах базовой длины
36	Опорная длина профиля $\eta_p$	Сумма длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины $\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i$

№ пп.	Термин	Определение
37	Относительная опорная длина профиля $t_p$	Отношение опорной длины профиля к базовой длине на заданном уровне сечения $p$ : $t_p = \eta_p/l$
<p>Примечания: 1. Стандарт [50] допускает при необходимости изменять установленные определения по форме изложения, не допуская нарушения границ понятий. 2. Здесь приведены не все термины, установленные стандартом. 3. Выделенный текст в пп. 25, 37 добавление автора.</p>		

Таблица 6.2. Среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  по ГОСТ 2789-73\* (СТ СЭВ 638-77), мкм

—	100	10,0	1,00	0,100	250	25	2,5	0,25	0,025
—	80	8,0	0,80	0,080	200	20	2,0	0,20	0,020
—	63	6,3	0,63	0,063	160	16,0	1,60	0,160	0,016
—	50	5,0	0,50	0,050	125	12,5	1,25	0,125	0,012
400	40	4,0	0,40	0,040					0,010
320	32	3,2	0,32	0,032					0,008

Примечание.   — предпочтительные значения.

Таблица 6.3. Высота неровностей профиля по десяти точкам  $R_z$  и наибольшая высота неровностей профиля  $R_{max}$  по ГОСТ 2789-73\* (СТ СЭВ 638-77), мкм

—	1000	100	10,0	1,00	0,100	—	320	32	3,2	0,32	0,032
—	800	80	8,0	0,80	0,080	—	250	25	2,5	0,25	0,025
—	630	63	6,3	0,63	0,063	—	200	20	2,0	0,20	
—	500	50	5,0	0,50	0,050	1600	160	16,0	1,60	0,160	
—	400	40	4,0	0,40	0,040	1250	125	12,5	1,25	0,125	

Примечание.   — предпочтительные значения.

Таблица 6.4. Средний шаг неровностей  $S_m$  и средний шаг местных выступов  $S$  по ГОСТ 2789—73\* (СТ СЭВ 638—77), мм

—	10,0	1,00	0,100	0,010	—	3,2	0,32	0,032	0,003
—	8,0	0,80	0,080	0,003	—	2,5	0,25	0,025	0,002
—	6,3	0,63	0,063	0,006	—	2,0	0,20	0,020	—
—	5,0	0,50	0,050	0,005	—	1,6	0,160	0,0160	—
—	4,0	0,40	0,040	0,004	12,5	1,25	0,125	0,0125	—

Параметры  $R_a$ ,  $R_z$  представляют собой среднюю высоту неровностей профиля ( $R_a$  — всех неровностей;  $R_z$  — наибольших неровностей), параметр  $R_{max}$  — полную высоту профиля.

Таблица 6.5. Соотношение значений высотных параметров  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  и базовой длины  $l$  по ГОСТ 2789—73\* (СТ СЭВ 638—77)

$R_a$ , мкм	$R_z = R_{max}$ , мкм	$l$ , мм
До 0,025	До 0,10	0,08
Св. 0,025 до 0,4	Св. 0,10 до 1,6	0,25
» 0,4 » 3,2	» 1,6 » 12,5	0,8
» 3,2 » 12,5	» 12,5 » 50	2,5
» 12,5 » 100	» 50 » 400	8,0

Параметры  $S$  и  $S_m$  характеризуют взаимное расположение (расстояние) характерных точек неровностей вершин (максимумов) профиля и точек пересечения профиля со средней линией (нулей профиля).

Параметр  $l_p$  содержит наибольшую информацию о высотных свойствах профиля (он комплексно характеризует высоту и форму неровностей профиля), так как она аналогична функции распределения. В продольном направлении  $l_p$  позволяет судить о фактической площади контакта при контактировании шероховатых поверхностей на заданном уровне сечения  $p$  (табл. 6.1).

Для удобства и понимания при чтении технической литературы и технической документации, выпущенных до 1981 г., в табл. 6.6 приведены применявшиеся ранее классы шероховатости поверхности по ГОСТ 2789—73 и соответствующие им диапазоны значений параметров  $R_a$  и  $R_z$ .

Таблица 6.6. Классы шероховатости поверхности по ГОСТ 2789—73

Классы шероховатости	Параметры шероховатости, мкм		Классы шероховатости	Параметры шероховатости, мкм	
	$R_a$	$R_z$		$R_a$	$R_z$
1	От 80 до 40	От 320 до 160	8	От 0,63 до 0,32	От 3,2 до 1,6
2	» 40 » 20	» 160 » 80	9	» 0,32 » 0,16	» 1,6 » 0,8
3	» 20 » 10	» 80 » 40	10	» 0,16 » 0,08	» 0,8 » 0,4
4	» 10 » 5,0	» 40 » 20	11	» 0,08 » 0,04	» 0,4 » 0,2
5	» 5,0 » 2,5	» 20 » 10	12	» 0,04 » 0,02	» 0,2 » 0,1
6	» 2,5 » 1,25	» 10 » 6,3	13	» 0,02 » 0,01	» 0,1 » 0,05
7	» 1,25 » 0,63	» 6,3 » 3,2	14	0,01	» 0,05 » 0,025

Кроме количественных параметров, рассмотренных выше, стандарт устанавливает типы направлений неровностей (табл. 6.1, п. 22), которые приведены в табл. 6.7.

Таблица 6.7. Типы направлений неровностей поверхности по ГОСТ 2789—73\* (СТ СЭВ 638—77)

Тип	Схематическое изображение неровностей	Пояснение обозначения на поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования
Параллельный		Параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность
Перпендикулярный		Перпендикулярно к линии, изображающей на чертеже поверхность
Перекрещивающийся		Перекрещивание в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность
Произвольный		Различные направления по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность
Кругообразный		Приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности
Радиальный		Приблизительно радиально по отношению к центру поверхности
Точечный		Точечное (например, после электроэрозионной обработки)

Примечание. Последний тип неровностей (точечный) регламентирован СТ СЭВ 1632—79.

## 6.2. Поверхности с регулярным микрорельефом

**Общие положения.** Исследования и практические работы, проведенные проф. Ю. Г. Шнейдером, позволили специальными способами наносить на поверхности деталей машин и приборов регулярный микрорельеф (РМР). Разработан стандарт [49], устанавливающий параметры и характеристики РМР, а также термины и определения.

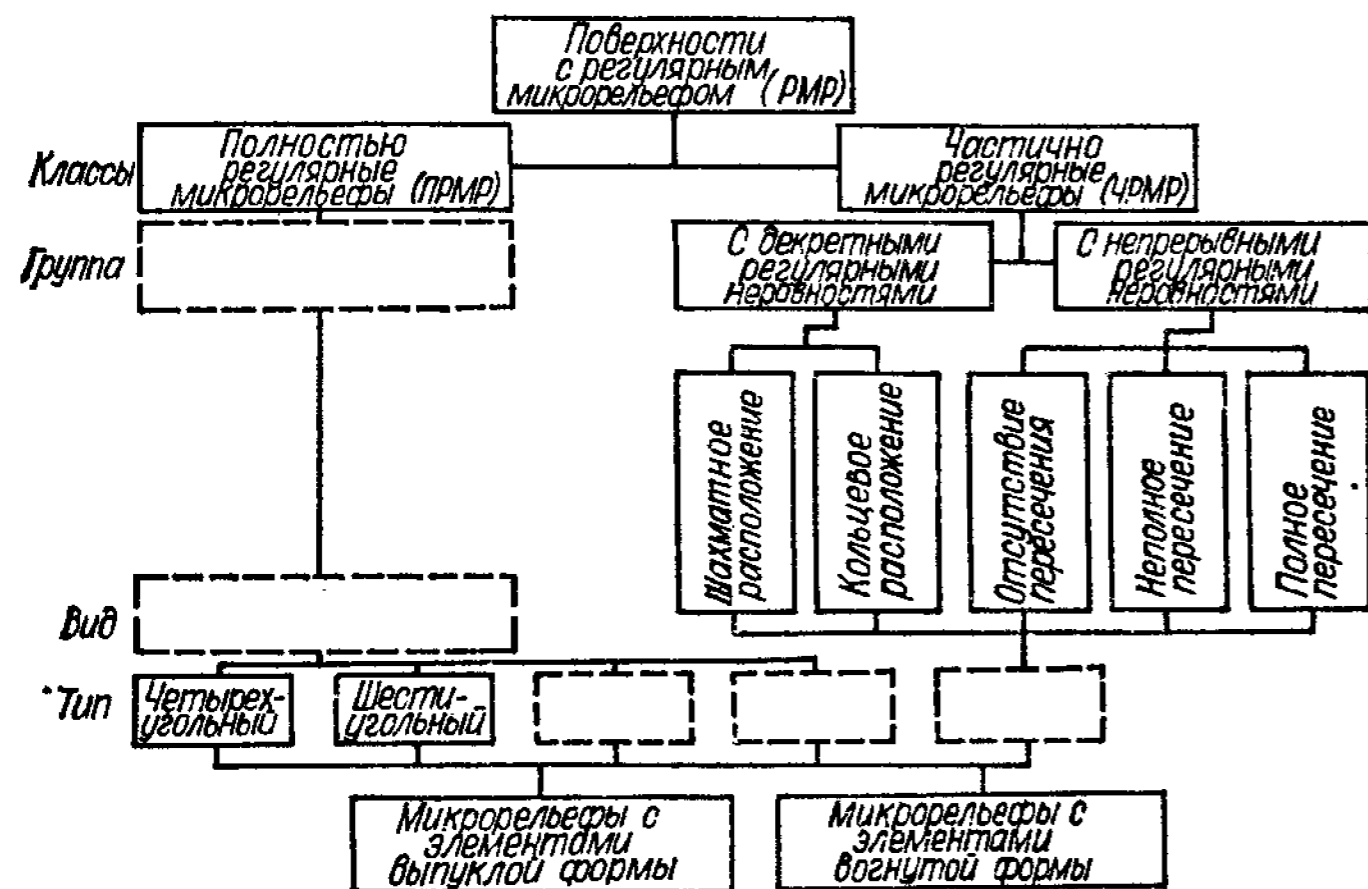


Рис. 6.2. Классификация регулярных микрорельефов

Регуляризация микрорельефа поверхностей деталей машин и приборов производится в целях повышения надежности и долговечности деталей; сокращения длительности приработки; повышения эффективности теплопередач; замены дорогостоящих материалов конструкционными; сокращения трудоемкости изготовления деталей повышенной точности и долговечности и т. п.

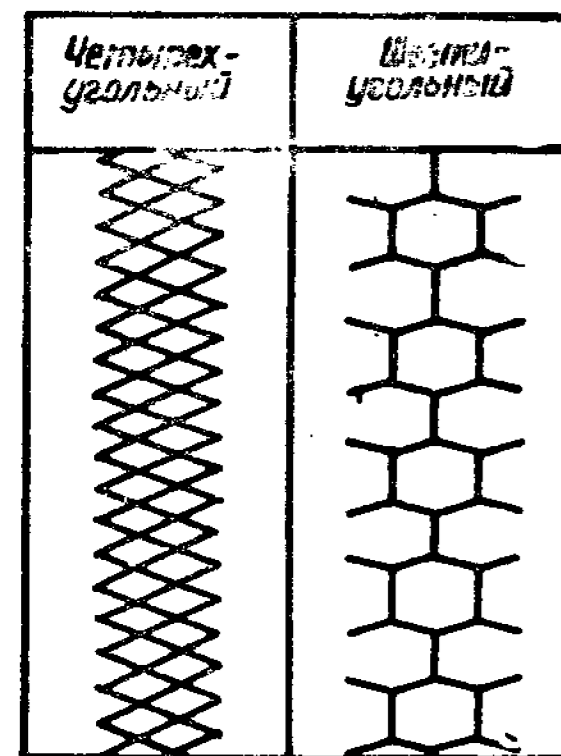


Рис. 6.3. Типы ПРМР

Нормирование поверхностей с РМР следует производить исходя из функционального назначения поверхности детали. Требования к параметрам РМР должны устанавливаться без учета дефектов поверхности (царапины, раковины и т. д.). При необходимости требования к дефектам поверхности должны быть установлены отдельно. Параметры РМР назначаются указанием наибольших значений выбранных параметров; диапазонов значений; номинальных значений. При использовании номинальных значений параметров устанавливаются допустимые отклонения, которые выбираются из ряда 10, 20, 40 % от их номинальных значений. Отклонения могут быть односторонними и симметричными. РМР включают в себя полностью регулярные микрорельефы (ПРМР) и частично регулярные микрорельефы (ЧРМР). Классификация РМР представлена на рис. 6.2.

**Параметры и характеристики поверхностей с ПРМР.** Поверхности с ПРМР характеризуются: 1) типом элемента поверхности: четырехугольным и шестиугольным (рис. 6.3); 2) формой элемента: выпуклым микрорельефом (рис. 6.4, а), вогнутым микрорельефом (рис. 6.4, б).

Под микрорельефом с элементами выпуклой формы следует понимать микрорельеф, созданный как негативный (положительный) отпечаток микрорельефа инструмента, с элементами вогнутой (выпуклой) формы (прокатные валки, плашки и др.).

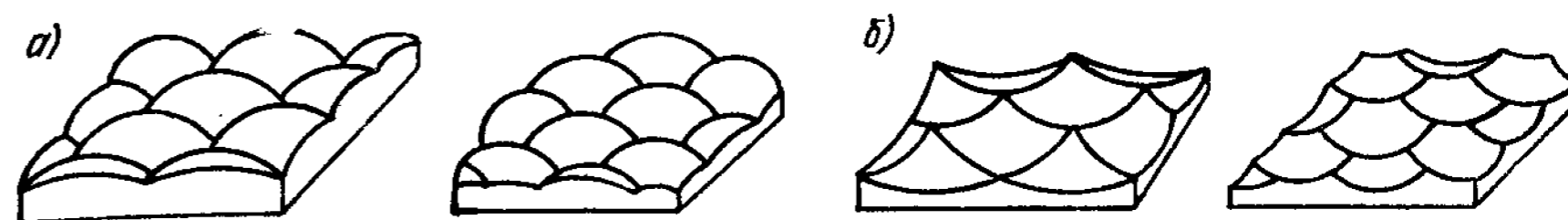


Рис. 6.4. Микрорельефы с элементами выпуклой (а) и вогнутой (б) формы

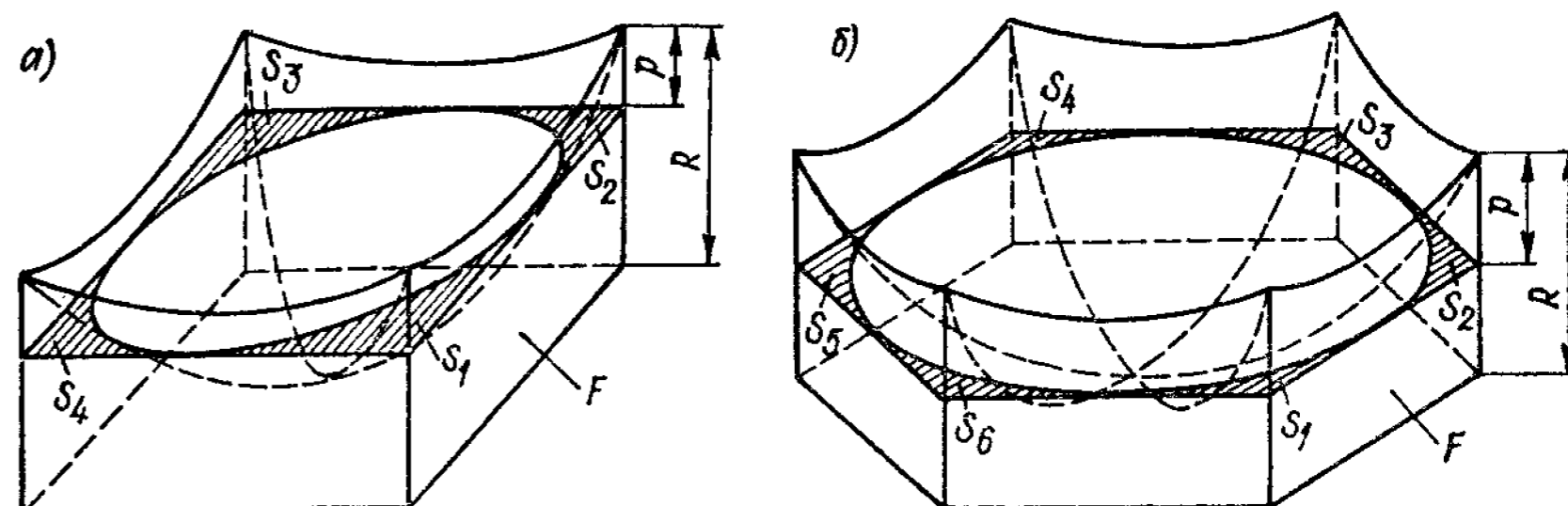


Рис. 6.5. Элементы поверхности с ПРМР: а — четырехугольный тип; б — шестиугольный тип

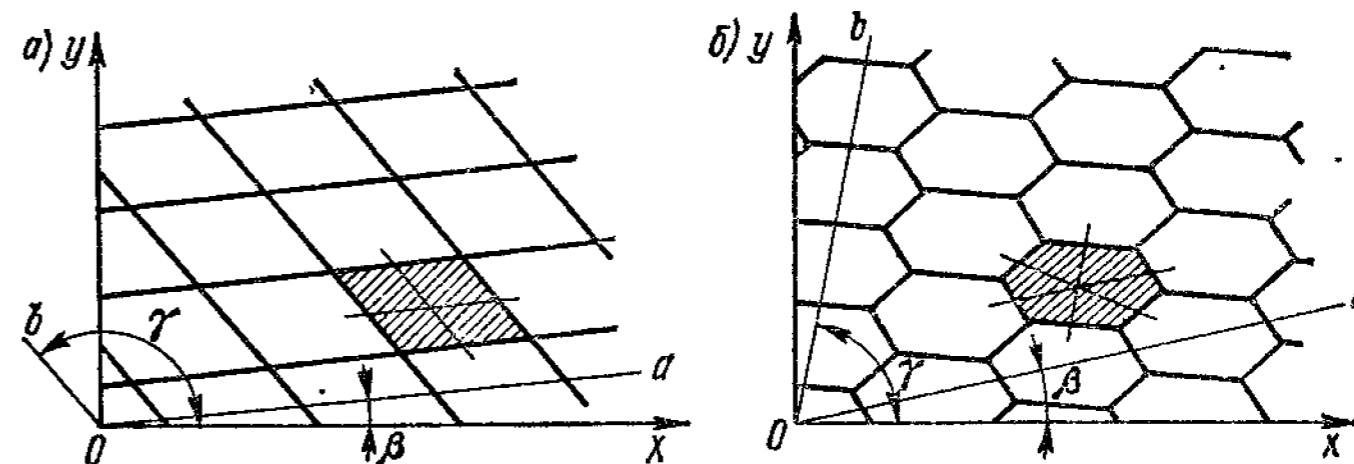


Рис. 6.6. Углы направления расположения элемента: а — четырехугольного типа; б — шестиугольного типа

Параметры поверхностей с ПРМР выбираются из приведенной номенклатуры:  $R$  — высота элемента (рис. 6.5);  $N$  — число элементов на  $1 \text{ мм}^2$  площади;  $T_p$  — относительная площадь, где  $p$  — значение уровня сечения поверхности (рис. 6.5);  $\beta$ ,  $\gamma$  — углы направления расположения элемента (рис. 6.6). ГОСТ 24773—81 регламентирует числовые значения высоты элемента  $R$  (мкм):

100,0	10,00	1,000	0,100
80,0	8,0	0,800	0,080
63,0	6,30	0,630	0,063
50,0	5,00	0,500	0,050
40,0	4,00	0,400	0,040
32,0	3,20	0,320	0,032
25,0	2,50	0,250	0,025
20,0	2,00	0,200	—
16,0	1,60	0,160	—
12,5	1,25	0,125	—

Числовые значения уровня сечения поверхности  $T_p$  (%) выбираются из ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80.

Числовые значения числа элементов (%) на  $1 \text{ мм}^2$  площади  $N$  выбираются из ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50.



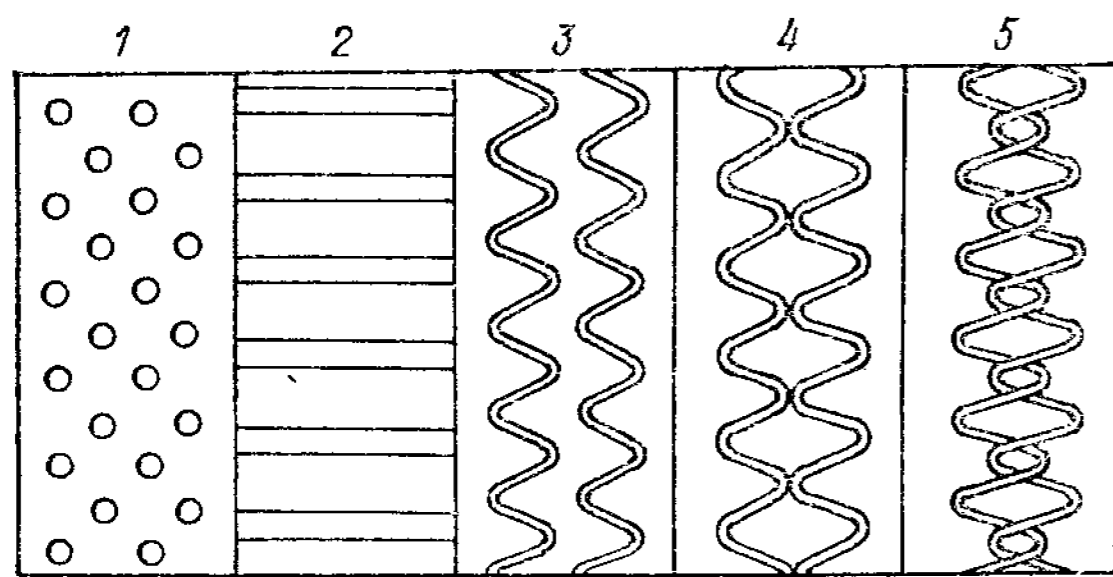


Рис. 6.7. Виды частично регулярных микрорельефов: 1 — шахматное расположение; 2 — кольцевое; 3 — отсутствие пересечения неровностей; 4, 5 — неполное и полное пересечения

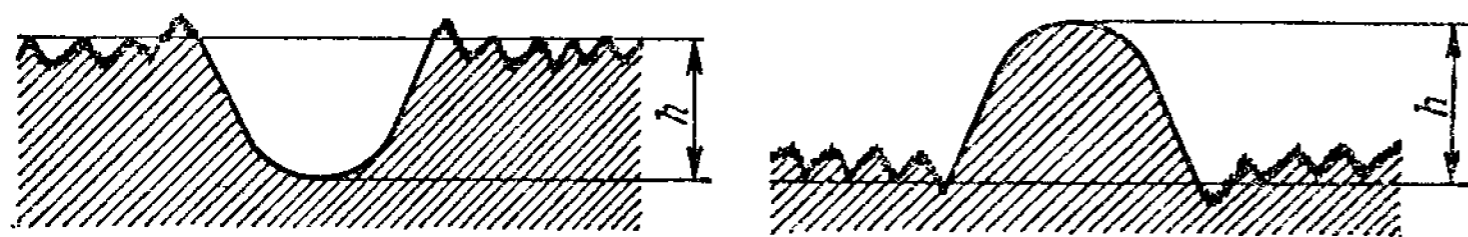


Рис. 6.8. Определение глубины (высоты) регулярно расположенной неровности

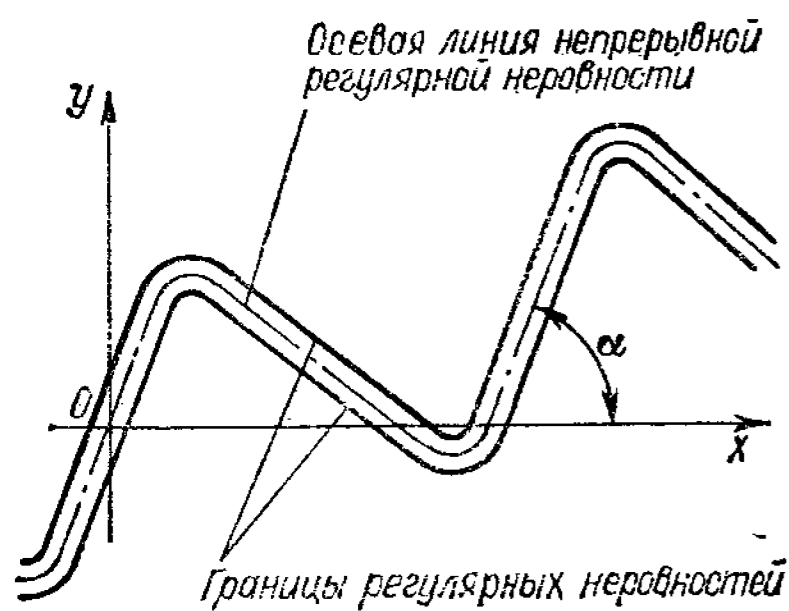


Рис. 6.9. Определение угла сетки

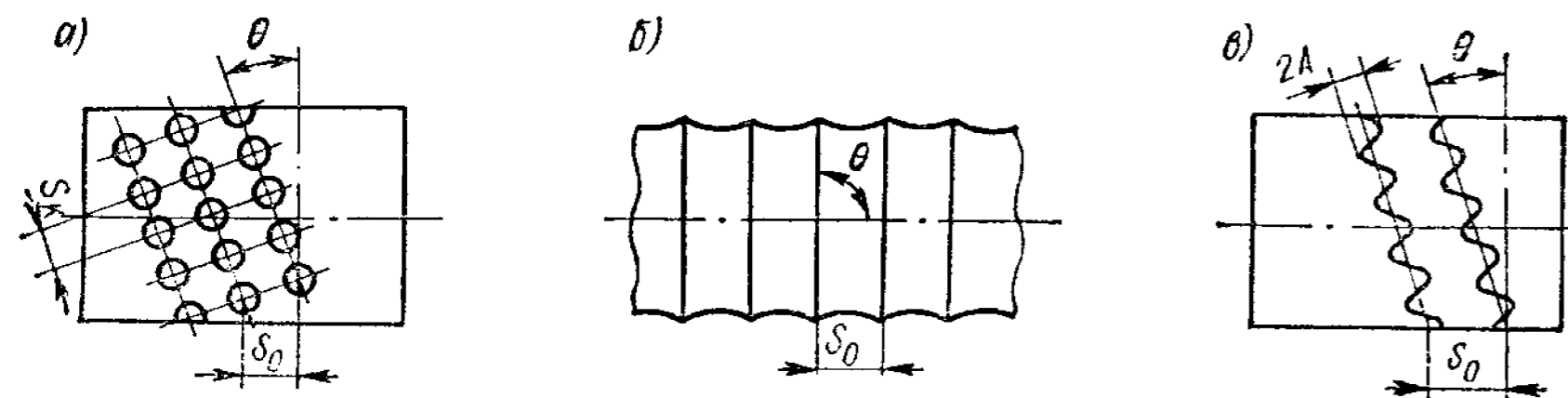


Рис. 6.10. Угол направления, шаги и амплитуда регулярно расположенной неровности

Значения относительной опорной площади поверхности  $T_p$  (%) выбираются из ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90.

Числовые значения углов  $\beta, \gamma$  (...°) выбираются из ряда: 5, 10, 15, 20, ..., 175, 180.

Параметры и характеристики поверхностей с ЧРМР. Поверхности с ЧРМР характеризуются группой, видом (рис. 6.7); формой (выпуклым микрорельефом, вогнутым микрорельефом).

Параметры поверхностей с ЧРМР выбираются из приведенной номенклатуры:  $h$  — глубина (высота) регулярной неровности (рис. 6.8);  $F_H$  — относительная площадь, занимаемая регулярными неровностями;  $\alpha$  — угол сетки (рис. 6.9);  $\theta$  — угол направления неровностей (рис. 6.10);  $S_0$  — осевой шаг неровностей (рис. 6.10);  $S_K$  — круговой шаг неровностей (рис. 6.10, а);  $A$  — амплитуда непрерывной регулярной неровности (рис. 6.10, в).

Числовые значения глубины (высоты)  $h$  (мкм) регулярно расположенной неровности с ЧРМР выбираются из ряда, установленного для высоты элемента  $R$  поверхностей с ПРМР (см. выше).

Числовые значения относительной площади поверхности  $F_H$  (%) выбираются из ряда: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90.

Числовые значения угла направления неровностей  $\theta$  (...°) выбираются из ряда: 50, 60, 70, 80, 90.

Числовые значения осевого и кругового шагов (мм) следующие:

—	10,00	1,000	0,100
—	8,00	0,800	0,080
—	6,30	0,630	0,063
—	5,00	0,500	0,050
—	4,00	0,400	—
—	3,20	0,320	—
—	2,50	0,250	—
20,0	2,00	0,200	—
16,0	1,60	0,160	—
12,5	1,25	0,125	—

Числовые значения амплитуды непрерывной регулярно расположенной неровности (мм) выбираются из ряда: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5.

### 6.3. Волнистость поверхностей

Волнистость является элементарным отклонением поверхности любой формы. Высота неровностей волнистости и высота шероховатости примерно одинаковы, отношение же шагов к высоте различны. Стандартизация в области волнистости находится в начальной стадии. В настоящее время имеется только рекомендация СЭВ [55], основные сведения из которой излагаются ниже.

Волнистость — совокупность периодически повторяющихся неровностей на поверхности, которые образуются прежде всего в связи с колебаниями или относительными колебательными движениями в системе станок—инструмент—изделие.

Волнистость определяется на нормальном сечении поверхности, причем шероховатость и другие отклонения формы исключаются. К волнистости, как правило, относятся периодические неровности, у которых отношение шага к высоте больше 40. У изделий с круглым сечением к волнистости относятся отклонения в радиальном сечении, у которых шаг меньше 1/15 окружности.

Профиль волнистости — измеренный профиль, в котором исключены шероховатость поверхности и отклонения формы.

Средняя линия профиля волнистости  $m_w$  — линия, имеющая форму номинального профиля и делящая профиль волнистости таким образом, что в области участка измерения  $l_w$  сумма квадратов расстояний ( $y_1, y_2, \dots, y_{n-1}, y_n$ ) точек профиля волнистости до этой линии наименьшая (рис. 6.11).

Длина участка измерения волнистости  $l_w$  — длина базовой линии волнистости, которая необходима для определения параметров профиля волнистости. Она должна быть не менее пятикратного наибольшего шага  $S_{w1}$  волнистости (рис. 6.11).

Высота волнистости  $W_z$  — среднее арифметическое значение из пяти значений высоты неровности:

$$W_z = \frac{1}{5} (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5),$$

где  $W_1, W_2, \dots, W_5$  — расстояние между соседними наивысшей и наинизшей точками одной полной волны в пределах отдельного участка  $l_{w1}, l_{w2}, \dots, l_{w5}$ , измеренное в направлении, перпендикулярном к средней линии (рис. 6.11). Участки  $l_{w1}, l_{w2},$

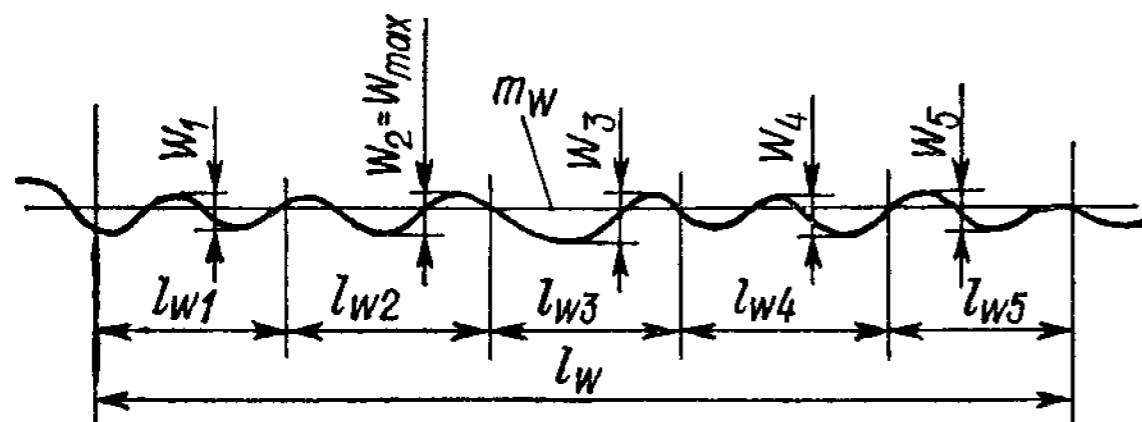


Рис. 6.11. К оценке высоты волнистости

...,  $l_{w5}$  равны между собой. Если на участке расположено несколько волн, то выбирается одно (наибольшее) значение  $W_i$  на этом участке. Допускается не последовательное расположение участков измерения.

Предельные значения параметра  $W_z$  (мкм) выбираются из следующего ряда: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200.

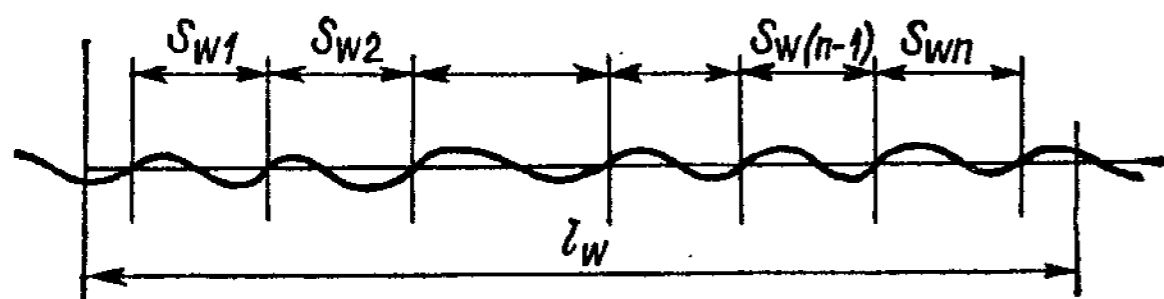


Рис. 6.12. К оценке шага волнистости

Наибольшая высота волнистости  $W_{max}$  — расстояние между наивысшей и наинизшей точками профиля волнистости в пределах отдельных участков измерений от  $l_{w1}$  до  $l_{w5}$ , измеренное на одной полной волне (рис. 6.11).

Средний шаг волнистости  $S_w$  — среднее арифметическое значение длин отрезков средней линии  $S_{w1}, S_{w2}, \dots, S_{wn}$ , последовательно расположенных в пределах длины участка измерения, ограниченных точками пересечения с соседними участками измеренного профиля волнистости, имеющими первую производную одного знака (рис. 6.12):

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{wi}.$$

Средний шаг волнистости  $S_w$  для изделий с круглым сечением может быть выражен в угловых единицах.

#### 6.4. Нормирование шероховатости поверхности

Применяется три основных способа регламентации конструктором качества поверхности, в том числе шероховатости: 1) по прототипу (метод прецедентов); 2) расчетный; 3) экспериментальный.

Выбор параметров и их значений для нормирования шероховатости должен производиться с учетом назначения поверхности и установления их связи с эксплуатационными свойствами поверхности [48].

В табл. 6.8 приведены некоторые важнейшие эксплуатационные свойства поверхности, зависящие от ее шероховатости, и номенклатура параметров, при помощи которых обеспечиваются показатели этих свойств [51]. Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров. Предпочтительно, в том числе и для самых грубых поверхностей, нормировать параметр  $R_a$ , который более информативно, чем  $R_z$  и  $R_{max}$ , характеризует неровности профиля, поскольку определяется по всем точкам (или достаточно большому числу точек) профиля.

Таблица 6.8. Эксплуатационные свойства поверхности и обеспечивающая их номенклатура параметров шероховатости [51]

Эксплуатационное свойство поверхности	Параметры шероховатости поверхности и характеристики, определяющие эксплуатационное свойство
Износоустойчивость при всех видах трения	$R_a (R_z), t_p$ , направление неровностей
Виброустойчивость	$R_a (R_z), S_m, S$ , направление неровностей
Контактная жесткость	$R_a (R_z), t_p$
Прочность соединения	$R_a (R_z)$
Прочность конструкций при циклических нагрузках	$R_{max}, S_m, S$ , направление неровностей
Герметичность соединений	$R_a (R_z), R_{max}, t_p$
Сопротивление в волноводах	$R_a, S_m, S$

Параметры  $R_z$  и  $R_{max}$  нормируют в тех случаях, когда по функциональным требованиям необходимо ограничить полную высоту неровностей профиля, а также когда прямой контроль параметра  $R_a$  с помощью профилометров или образцов сравнения не представляется возможным, например для поверхностей, имеющих малые размеры или сложную конфигурацию (режущие кромки инструментов, детали часовых механизмов и пр.).

Для ответственных поверхностей производится нормирование не только высотных параметров, но и шаговых и параметра  $t_p$ , так как они обеспечивают некоторые их функциональные свойства (табл. 6.8).

Нормирование параметров  $S$  и  $S_m$  для поверхностей, профиль которых описывается процессами, близкими к случайным (как правило, полученных шлифованием, полированием, доводкой, электроэрозионной обработкой и т. д.), позволяет нормировать спектральные характеристики профиля (выражаемые через корреляционную функцию профиля). Это свойство шаговых параметров важно не только для учета влияния неровностей на эксплуатационные свойства поверхности, но позволяет решать некоторые задачи, связанные с метрологическим обеспечением качества поверхности, достаточно простыми для практического применения инженерными методами, в частности, задачи, связанные с определением необходимой длины для измерения параметра при задаваемой точности.

Параметр  $t_p$  позволяет надежно нормировать многие важнейшие эксплуатационные свойства поверхности, которые зависят от высотных параметров профиля и определяются формой неровностей.

В дополнение к количественным параметрам в некоторых случаях целесообразно нормировать направление неровностей, например в связи с направлением относительного перемещения трущихся сопряженных поверхностей или струи жидкости, или газа относительно поверхности, а также для обеспечения необходимой виброустойчивости и прочности при циклических нагрузках. Направление неровностей выбирается из табл. 6.7.

При необходимости конструктором устанавливается также способ или последовательность способов получения (обработки) поверхности, если они являются единственными для обеспечения ее заданного качества.

Выбор числовых значений параметров шероховатости производится по ГОСТ 2789—73\*. При нормировании высотных параметров в первую очередь сле-

Т а б л и ц а 6.9. Минимальные требования к шероховатости поверхности в зависимости от допусков размера и формы [53]

Допуск размера квалитета	Допуск формы, % от допуска размера	Номинальные размеры, мм				Допуск размера квалитета	Допуск формы, % от допуска размера	Номинальные размеры, мм			
		До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500			До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
		Значения $R_a$ , мкм, не более						Значения $R_a$ , мкм, не более			
IT3	100	0,2	0,4	0,4	0,8	IT9	100	3,2	3,2	6,3	6,3
	60	0,1	0,2	0,2	0,4		и 60	1,6	3,2	3,2	6,3
	40	0,05	0,1	0,1	0,2		25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT4	100	0,4	0,8	0,8	1,6	IT10	100	3,2	6,3	6,3	6,3
	60	0,2	0,4	0,4	0,8		и 60	1,6	3,2	3,2	6,3
	40	0,1	0,2	0,2	0,4		25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT5	100	0,4	0,8	1,6	1,6	IT11	100	6,3	6,3	12,5	12,5
	60	0,2	0,4	0,8	0,8		и 60	3,2	3,2	6,3	6,3
	40	0,1	0,2	0,4	0,4		25	1,6	1,6	3,2	3,2
IT6	100	0,8	1,6	1,6	3,2	IT12 и IT13	100	12,5	12,5	25	25
	60	0,4	0,8	0,8	1,6		и 60	6,3	6,3	12,5	12,5
	40	0,2	0,4	0,4	0,8		40				
IT7	100	1,6	3,2	3,2	3,2	IT14 и IT15	100	12,5	25	50	50
	60	0,8	1,6	1,6	3,2		и 60	12,5	12,5	25	25
	40	0,4	0,8	0,8	1,6		40				
IT8	100	1,6	3,2	3,2	3,2	IT16 и IT17	100	25	50	100	100
	60	0,8	1,6	3,2	3,2		и 60	25	25	50	50
	40	0,4	0,8	1,6	1,6		40				

П р и м е ч а н и е. Если относительный допуск формы меньше значений, указанных в таблице, то значения  $R_a$  следует назначать не более  $0,15T_f$  ( $T_f$  — допуск формы).

ваться при назначении норм шероховатости, если по условиям сборки или работы изделия шероховатость поверхности не требуется ограничить более жесткими пределами.

Если точность сопряжения и метод обработки не позволяют определить требования к шероховатости поверхностей, назначение шероховатости поверхности следует производить по другим главным для данного случая признакам, ориентируясь на данные практики передовых отраслей промышленности, отраженные во многих трудах. Примеры нормирования шероховатости в зависимости от функционального назначения поверхностей деталей приведены в табл. 6.10—6.12. В табл. 6.13 приведены данные о достижимой шероховатости шабренных поверхностей. Там же отмечено соответствие шероховатости поверхностей при обработке шабренем и при обработке другими методами. Например, последнее обозначение, указанное в табл. 6.13,

дует применять предпочтительные значения, указанные в табл. 6.2 для  $R_a$ , в табл. 6.3 для  $R_z$  и  $R_{max}$ . Эти значения получили наибольшее применение в международной практике. Им соответствуют номинальные значения шероховатости образцов сравнения.

Числовые значения шаговых параметров  $S$  и  $S_m$  выбираются из табл. 6.4.

Относительная опорная длина профиля  $t_p$  (%) выбирается из ряда: 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90.

Числовые значения уровня сечения профиля  $p$  (%) от  $R_{max}$  выбираются из ряда: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90.

Числовые значения базовой длины  $l$  (мм) выбираются из ряда: (0,01); (0,03); 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; (25) (значения, указанные в скобках, применяются в особых случаях). Если параметры  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  определены на базовой длине в соответствии с табл. 6.5, то эти базовые длины не указываются в требованиях к шероховатости.

При назначении параметров шероховатости поверхностей следует проверить возможность их достижения в связи с рациональными методами обработки детали. Как правило, следует применять наибольшую шероховатость, допускаемую конструктивными требованиями. В противном случае может значительно увеличиться стоимость обработки, что может быть компенсировано лишь повышением качества изделия. В некоторых же случаях повышение требований к шероховатости может оказаться не только не рентабельным, но и недопустимым. Например, при слишком гладких сопрягаемых поверхностях может возникнуть явление «схватывания», при котором частицы металла отрываются от поверхностного слоя трущихся поверхностей. Для таких поверхностей следует нормировать оптимальную исходную шероховатость, которая должна быть близкой к получающейся в процессе приработки.

Обычно отделить отверстие труднее, чем вал. Это часто учитывается назначением различной шероховатости поверхностей сопрягаемых деталей: у отверстия шероховатость несколько выше.

Правильное решение, принятое при выборе параметров шероховатости поверхностей деталей, а также при выборе методов обработки, обеспечивающих получение поверхностей с заданной шероховатостью, оказывает серьезное влияние на качество конструкции, ее технологичность и позволяет установить наиболее экономичные методы изготовления деталей (см. гл. 7).

Для обеспечения условий взаимозаменяемости назначение шероховатости сопряженных поверхностей может производиться в зависимости от точности сопряжения (выбранной посадки) и точности обработки (выбранного качества). Прямой связи между точностью и шероховатостью поверхности нет, так как к самым неточным поверхностям по допуску размера можно предъявить весьма высокие требования шероховатости (например, поверхности ручек хирургического инструмента и т. п.). Вместе с тем при выборе шероховатости поверхности следует учитывать, что значение  $R_z$  должно составлять лишь некоторую часть допуска ( $\delta_p$ ) соответствующего размера.

Принимая во внимание опытные данные и учитывая явления смятия и сглаживания микронеровностей в процессе прессования деталей в неподвижных сопряжениях и в процессе приработки деталей в подвижных сопряжениях, между  $R_z$  и  $\delta_p$  рекомендуется принимать зависимость: для квалитетов 5—10-го  $R_z \leq 0,25\delta_p$ ; для квалитетов грубее 10-го  $R_z \leq 0,125\delta_p$ .

В соответствии с указанными соотношениями между  $R_z$  и  $\delta_p$  и значениями  $R_z$  (см. табл. 6.3) можно определить максимально допустимое значение  $R_z$  или проверить выбранное значение  $R_z$  для любого данного допуска размера (квалитета). Например, если  $\delta_p = 70$  мкм, то по соотношению для 8-го квалитета  $R_z = 17,5$  мкм. Тогда из ряда  $R_z$  (см. табл. 6.3) можно выбрать его ближайшую меньшую величину, т. е.  $R_z = 16$  мкм.

Если в конструкциях сопряжений, согласно требованиям к эксплуатационным качествам деталей, необходимо ограничить отклонение формы ( $\Delta_f$ ) или отклонение расположения ( $\Delta_n$ ) по сравнению с допуском на размер ( $\delta_p$ ), то соответственно должна быть ограничена и шероховатость поверхности. При этом следует ориентироваться на возможные (рекомендуемые) методы обработки, обеспечивающие получение значений  $R_z \approx (0,2 \div 0,5) \Delta_f$  или  $R_z \approx (0,2 \div 0,5) \Delta_n$ .

Минимальные требования к шероховатости поверхности в зависимости от допусков размера и формы приведены в табл. 6.9. Этой таблицей можно пользо-

Т а б л и ц а 6.10. Шероховатость поверхности  $R_a$  (мкм) некоторых деталей машин [43, 52]

Продолжение табл. 6.10

Посадочные поверхности сменных деталей											
Интервал диаметров, мм	Шероховатость при качестве										
	5		6		7		8				
	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие			
Св. 3 до 6 » 6 » 10	0,32— 0,16	0,63— 0,32	0,32— 0,16	0,63— 0,32	0,63— 0,32	1,25— 0,63	0,63— 0,32	1,25— 0,63			
Св. 10 до 18			0,63— 0,32	0,63— 0,32					1,25— 0,63	0,63— 0,32	1,25— 0,63
Св. 18 до 30											
Св. 30 до 50	0,63— 0,32	1,25— 0,63	0,63— 0,32	1,25— 0,63	1,25— 0,63	2,5— 1,25	1,25— 0,63	2,5— 1,25			
Св. 50 до 80			1,25— 0,63	1,25— 0,63					2,5— 1,25	1,25— 0,63	2,5— 1,25
Св. 80 до 120											
Св. 120 до 180			1,25— 0,63	2,5— 1,25	1,25— 0,63	2,5— 1,25	2,5— 1,25	2,5— 1,25	2,5— 1,25		
Св. 180 до 260											
Св. 260 до 360											
Св. 360 до 500											

Поверхности пригоняемых деталей при селективной сборке

Допуск сортировки при селективной сборке, мкм	Шероховатость		Допуск сортировки при селективной сборке, мкм	Шероховатость	
	Вал	Отверстие		Вал	Отверстие
<2	0,04 0,02	0,08 0,04	5	0,16 0,08	0,63 0,32
2	0,08 0,04	0,16 0,08	8; 12,5	0,32 0,16	0,63 0,32
3	0,08 0,04	0,32 0,16	20	0,63 0,32	1,25 0,63

Поверхности для посадок с точным центрированием					
Радиальное биение, мкм	Шероховатость		Радиальное биение, мкм	Шероховатость	
	Вал	Отверстие		Вал	Отверстие
2,5	0,04 0,02	0,08 0,04	10	0,32 0,16	0,63 0,32
4	0,08 0,04	0,16 0,08	16	0,63 0,32	1,25 0,63
6	0,16 0,08	0,32 0,16	25	1,25 0,63	2,5 1,25

Поверхности осей и валов под уплотнения

Тип уплотнения	Шероховатость при скорости вращения, м/с			
	До 3	До 5	Св. 5	До 4
Резиновое	1,25 0,32 Полировать	0,32 0,63 Полировать	0,63 0,16 Полировать	1,25 0,32 Полировать
Войлочное	—			
Лабиринтное Жировые канавки	5,0—1,25			

Поверхности направляющих

Поверхность	Скорость, м/с	Шероховатость при отклонении от плоскостности, мкм, на длине 100 мм				
		До 6	До 10	До 30	До 50	Св. 50
Скольжения	До 0,5	0,32— 0,16	0,63— 0,32	1,25— 0,63	2,5—1,25	5,0—2,5
	Св. 0,5	0,16— 0,08	0,32— 0,16	0,63— 0,32	1,25—0,63	2,5—1,25
Качения	До 0,5	0,16— 0,08	0,32— 0,16	0,63— 0,32	1,25— 0,63	2,5—1,25
	Св. 0,5	0,08— 0,04	0,16— 0,08	0,32— 0,16	0,63— 0,32	1,25— 0,63



Продолжение табл. 6.10

Поверхности торцовых опор (пят и подпятников)					
Скорость, м/с	Шероховатость при торцовом биении, мкм				
	До 6	До 10	До 16	До 25	До 40
До 0,5 Св. 0,5	0,16—0,08 0,08—0,04	0,32—0,16 0,16—0,08	0,63—0,32 0,32—0,16	1,25—0,63 0,63—0,32	2,5—1,25 1,25—0,63
Поверхности сферических опор					
Точность профиля, мкм	Шероховатость	Точность профиля, мкм	Шероховатость		
До 30	0,63—0,32	Св. 30	1,25—0,63		
Торцовые опорные поверхности неподвижных станин (фланцевых соединений и т. п.)					
Отклонение от перпендикулярности, мкм, на длине 100 мм	Шероховатость	Отклонение от перпендикулярности, мкм, на длине 100 мм	Шероховатость		
До 30 » 50	1,25—0,63 2,5—1,25	Св. 50	5,0—2,5		
Поверхности разъема корпусов (редукторов, подшипников)					
Соединение	Шероховатость соединения				
	с прокладкой	без прокладки			
Герметичное Негерметичное	5,0—1,25 10,0—2,5	1,25—0,32 10,0—2,5			
Поверхности кронштейнов, втулок, поводков, колец, ступиц, крышек и аналогичных деталей, прилегающих к другим поверхностям, но не являющихся посадочными, с $R_a = 5,0 \div 1,25$					
Рабочие поверхности кулачков и копиров					
Сопряжение	Шероховатость при точность профиля, мкм				
	До 6	До 30	До 50	Св. 50	
С ножами или сухарями С роликами	0,32—0,16 0,63—0,32	0,63—0,32 1,25—0,63	1,25—0,63 2,5—1,25	2,5—1,25 5,0—2,5	

Продолжение табл. 6.10

Рабочие поверхности шкивов плоско- и клиноременных передач				
Диаметр шкива, мм	Шероховатость	Диаметр шкива, мм	Шероховатость	
До 120 » 300	1,25—0,32 2,5—0,63	Св. 300	5,0—1,25	
Рабочие поверхности катков фрикционных передач в зависимости от габаритных размеров и условий работы с $R_a = 0,63 \div 0,08$				
Рабочие поверхности фрикционов				
Деталь фрикциона	Шероховатость	Деталь фрикциона	Шероховатость	
Колодка Муфта Диск	2,5—0,63 1,25—0,32 8—11	Тормозной барабан диаметром, мм: До 500 Св. 500	1,25—0,32 6, 7	
Рабочие поверхности конических соединений				
Соединение	Шероховатость	Соединение	Шероховатость	
Герметичное Центрирующее	0,32—0,08 1,25—0,32	Прочие	5,0—1,25	
Соединения с призматической и сегментной шпонками				
Соединение	Поверхность	Шероховатость		
		шпонки	паза вала	паза втулки
Неподвижное	Рабочая	2,5—1,25	5,0—1,25	5,0—1,25
	Нерабочая	10,0—5,0	10,0—5,0	20,0—10,0
С направляющей шпонкой	Рабочая	2,5—0,63	5,0—1,25	2,5—0,63
	Нерабочая	10,0—5,0	10,0—5,0	20,0—10,0
Резьбовые соединения				
Рабочие поверхности нарезки		Поле допуска резьбы	Шероховатость	
Крепежная резьба на болтах, винтах, гайках		4h; 4H5H	1,25—0,63	
		6g; 6H	2,5—1,25	
		8g; 7H	10—2,5	
Резьба на валах, штоках, втулках и т. д., а также на конусах (коническая)		4h; 4H5H	1,25—0,32	
		6g; 6H	1,25—0,63	
		8g; 7H	2,5—1,25	

Резьбовые соединения						
Рабочие поверхности нарезки	Поле допуска резьбы		Шероховатость			
Резьба ходовых и грузовых винтов	7g (6g)		0,16			
	7e (8e)		0,32			
	8c (8e)		1,25—0,63			
Резьба гаек ходовых и грузовых винтов	7H		0,63—0,16			
	7H (8H)		1,25—0,63			
	8H (9H)		2,5—1,25			
Шероховатость посадочных поверхностей подшипников качения см. в табл. 10.14. Шероховатость поверхностей подшипников скольжения см. в табл. 10.17; 10.21—10.23; 10.25; 10.26						
Шероховатость элементов зубьев колес и витков червяков						
Элементы поверхности зубьев (витков)	Степень точности по нормам плавности работы передачи					
	6	7	8	9		
Профили зубьев цилиндрических и червячных колес	0,63—0,32	1,25—0,32	2,5—0,63	5,0—2,5		
Профили зубьев конических колес		0,63—0,32	1,25—0,63	5,0—1,25		
Профили витков червяков				2,5—1,25		
Зубчатые (шлицевые) соединения						
Соединение	Шероховатость					
	впадины отверстия	зуба вала	центрирующей поверхности		нецентрирующей поверхности	
			отверстие	вал	отверстие	вал
Подвижное	2,5—0,63	2,5—0,63	1,25—0,32	1,25—0,32	5,0—1,25	5,0—0,63
Неподвижное	1,25—0,32	0,63—0,16	1,25—0,32	0,63—0,16	2,5—1,25	2,5—0,63

Индексирующие поверхности делительных и установочных устройств (например, поверхности делительных дисков, фиксаторов, упоров и т. п.)			
Точность фиксатора, мкм	Шероховатость	Точность фиксатора, мкм	Шероховатость
До 4	0,08—0,04	До 25	0,63—0,32
» 6	0,16—0,08	» 63	1,25—0,63
» 10	0,32—0,16	Св. 63	2,5—1,25

Таблица 6.11. Шероховатость поверхности  $R_a$  (мкм) элементов деталей

Элемент детали	Шероховатость
Нерабочие контуры деталей. Поверхности деталей, устанавливаемых на бетонных, кирпичных и деревянных основаниях	$R_z = 320 \div 160$
Отверстия на проход крепежных деталей. Выточки, проточки. Отверстия масляных каналов на силовых валах. Кромки детали под сварные швы. Опорные поверхности пружин сжатия. Подшвы станин, корпусов, лап	$R_z = 80$
Внутренний диаметр шлицевых соединений (не шлифованных). Свободные несопрягаемые торцовые поверхности валов, муфт, втулок. Поверхности головок винтов	$R_z = 40$
Торцовые поверхности под подшипники качения. Поверхности втулок, колец, ступиц, прилегающие к другим поверхностям, но не являющиеся посадочными. Нерабочие торцы валов, втулок, планок. Шейки валов 12-го качества диаметром 80—500 мм. Поверхности отверстий 12-го качества диаметром 18—500 мм и 11-го качества	$R_z = 20$
Нерабочие торцовые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек. Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т. п. Болты и гайки нормальной и повышенной точности (кроме резьбы)	$R_z = 40 \div 10$
Шаровые поверхности ниппельных соединений. Канавки под уплотнительные резиновые кольца для подвижных и неподвижных торцовых соединений. Радиусы скруглений на силовых валах. Поверхности осей для эксцентрикков. Опорные плоскости реек. Поверхности выступающих частей быстровращающихся деталей. Поверхности направляющих типа «ласточкин хвост». Опорные плоскости реек. Шейки валов 9-го качества диаметром 80—500 мм, 11-го качества диаметром 3—30 мм. Поверхности отверстий 7-го качества диаметром 180—500 мм, 9-го качества диаметром 18—360 мм, 11-го качества диаметром 1—10 мм	2,5

Элемент детали	Шероховатость
Наружные диаметры шлицевого соединения. Отверстия пригоняемых и регулируемых соединений (вкладыши подшипников и др.) с допуском зазора — натяга 25—40 мкм. Цилиндры, работающие с резиновыми манжетами. Отверстия подшипников скольжения. Трущиеся поверхности малонагруженных деталей. Посадочные поверхности отверстий и валов под неподвижные посадки. Трущиеся поверхности малонагруженных деталей. Рабочие поверхности дисков трения. Шейки валов 6-го качества диаметром 120—500 мм, 8-го качества диаметром 6—80 мм. Поверхности отверстий 6-го качества диаметром 50—500 мм, 7-го качества диаметром 10—180 мм, 9-го качества — 1—18 мм	1,25
Поверхности зеркала цилиндров, работающих с резиновыми манжетами. Торцовые поверхности поршневых колес при диаметре не менее 240 мм. Валы в пригоняемых и регулируемых соединениях с допуском зазора — натяга 7—25 мкм. Трущиеся поверхности нагруженных деталей. Посадочные поверхности 7-го качества с длительным сохранением заданной посадки: оси эксцентриков, точные червяки, зубчатые колеса. Сопряженные поверхности бронзовых зубчатых колес. Рабочие шейки распределительных валов. Штоки и шейки валов в уплотнениях. Шейки валов 5-го качества диаметром 30—500 мм, 6-го качества диаметром 10—120 мм. Поверхности отверстий 6-го качества диаметром 3—50 мм, 6-го качества диаметром 1—10 мм	0,63
Шейки валов 5-го качества диаметром свыше 1 до 30 мм, 6-го качества диаметром свыше 1 до 10 мм. Валы в пригоняемых и регулируемых соединениях (шейки шпинделей, золотники) с допусками зазора — натяга 16—25 мкм. Отверстия пригоняемых и регулируемых соединений (вкладыши подшипников) с допуском зазора — натяга 4—7 мкм. Трущиеся элементы сильнонагруженных деталей. Цилиндры, работающие с поршневыми кольцами	0,32
Поверхности деталей, работающих на трение, от износа которых зависит точность работы механизма	0,16
Рабочие шейки валов прецизионных быстроходных станков и механизмов. Шейки валов в пригоняемых и регулируемых соединениях с допуском зазора — натяга 2,5—6,5 мкм. Поверхности отверстий пригоняемых и регулируемых соединений с допуском зазора — натяга до 2,5 мкм	0,08
Зеркальные валики координатно-расточных станков и др.	0,04

Таблица 6.12. Шероховатость свободных поверхностей деталей, мкм

Вид поверхности	Шероховатость
<i>Поверхности, видимые при наружном осмотре машины</i>	
Прецизионные шкалы с оптическим отсчетом	$R_a = 0,040$
Шкалы нормальной точности, лимбы	$R_a = 0,63$
Выступающие части быстровращающихся деталей: концы и фланцы шпинделей, валов	$R_a = 1,25$
Рукоятки, обводы маховиков, штурвалы, ручки, стержни, кнопки	$R_a = 0,32$ (полировать)
Поверхности указателей, таблиц	$R_a = 0,63$ (полировать)
Головки винтов, торцы валов, фаски, канавки, закругления	$R_a = 2,5 \div R_z 40$
Поверхности механически обработанных корпусных деталей с наибольшим размером (мм):	
до 100	$R_a = 2,5$
св. 100 до 400	$R_z = 20$
» 400 » 1200	$R_z = 40$
Поверхности фланцев и крышек негерметичных соединений	$R_z = 40$
Разъем подшипников скольжения	$R_z = 40$
<i>Поверхности, не видимые при наружном осмотре машины</i>	
Поверхности, механически обрабатываемые	$R_z = 80 \div 20$
Подшвы и основания станин, корпусов, лап; несопрягаемые поверхности, механически обработанные	$R_z = 80$

Таблица 6.13. Качество шабренных поверхностей в зависимости от их назначения

Вид поверхности	Обозначение * шероховатости поверхности на чертеже	N, ** не менее	Шероховатость $R_a$ поверхности ***
Рабочие поверхности поверочных линеек, плиты поверочные, ответственные поверхности скольжения прецизионных станков	$1,25 \sqrt{\text{Шабрить } 20}$	20	0,08—0,04
Плоскости направляющих подвижных деталей станков, передвигающихся по плоскости неподвижных деталей (например, каретки станков, суппорты, столы шлифовальных и других станков и т. п.)	$1,25 \sqrt{\text{Шабрить } 15}$	15	0,16—0,08
Плоскости скольжения неподвижных деталей станков, по которым перемещаются подвижные детали (направляющие станин станков, направляющие рукавов сверлильных станков и т. п.), вкладыши подшипников скольжения для валов диаметром до 120 мм	$2,5 \sqrt{\text{Шабрить } 12}$	12	0,32—0,16

Вид поверхности	Обозначение * шероховатости поверхности на чертеже	N, ** не менее	Шерохова- тость $R_a$ поверхно- сти ***
Плоскости скольжения сопряженных деталей, относительное перемещение которых требуется лишь при наладке машины, а не во время работы (например, направляющие задних бабок и т. п.), вкладыши подшипников скольжения для валов диаметром свыше 120 мм	$2,5 \sqrt{\text{Шабр}} 10$	10	0,63—0,32
Плоскости сопряжения неподвижных деталей, где исключено относительное перемещение (неподвижные стойки, кронштейны)	$R_z 20 \sqrt{\text{Шабр}} 8$	8	1,25—0,63

\* Здесь параметры шероховатости  $R_a$  и  $R_z$  указывают на шероховатость поверхности до шабрения.  
 \*\* N — число пятен в квадрате со стороной  $25 \times 25$  мм при проверке на краску.  
 \*\*\* Здесь  $R_a$  параметр шероховатости поверхности, обработанной другими методами, но соответствующей шабренной поверхности.

соответствует шероховатости  $R_a = 1,25 \div 0,63$  мкм, что может быть достигнуто фрезерованием, чистовым строганием и др. (см. гл. 7).

При назначении требований по аналогии с ранее назначавшимися классами шероховатости по ГОСТ 2789—73 следует пользоваться табл. 6.6.

### 6.5. Указание числовых значений параметров шероховатости в конструкторских документах

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться путем указания: 1) параметра шероховатости (одного или нескольких) из приведенных в табл. 6.1; 2) числовых значений выбранных параметров; 3) базовых длин, на которых происходит определение указанных параметров.

На практике применяются три варианта указания числовых значений параметра (параметров) шероховатости: 1) наибольшим значением; 2) диапазоном значений; 3) номинальным значением.

Наиболее распространенным применительно к деталям машин является вариант, когда указано числовое значение параметра, соответствующее наиболее грубой допускаемой шероховатости, т. е. наибольшему предельному значению для параметров  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{\max}$ ,  $S_m$ ,  $S$  и наименьшему предельному значению параметра  $t_p$ .

В отдельных случаях, когда для правильного функционирования недопустима и слишком гладкая поверхность, применяется второй вариант, при котором указан диапазон значений параметра: наибольший и наименьший предельные значения.

Третий вариант применяется реже, в основном для образцов сравнения шероховатости поверхности или для образцовых деталей, служащих для этих же целей. При этом варианте указывается номинальное значение параметра с допустимыми предельными отклонениями от него (%). Установление требований к шероховатости поверхности указанием номинальных значений параметра обеспечивает наиболее строгий метрологический контроль.

Наибольшее, наименьшее, номинальное или диапазоны числовых значений выбираются из приведенных выше табл. 6.2; 6.3; 6.4 и числовых рядов для  $t_p$ ,  $p$ ,  $l$ .

## Глава 7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ

### 7.1. Точность выполнения размеров деталей. Нормирование точности

Требования различных отраслей промышленности в отношении точности выполнения размеров должны соответствовать допускам, установленным квалитетами. Допуски используются не только для размеров деталей, образующих посадки, или входящих в состав размерных цепей, но также часто применяются при назначении межоперационных размеров, при установлении размеров матриц и пуансонов штампов и многих других размеров. Окончательные размеры деталей могут быть получены механической обработкой (резанием, пластической деформацией), а также электрофизической и электрохимической.

Стоимость изделия во многом зависит от выбранного технологического процесса обработки, особенно для финишной (последней) операции, которая и должна обеспечить заданный допуск каждого данного размера изделия.

В табл. 7.1 приведены данные об экономически достижимой размерной точности изготовления деталей из стали при различных методах обработки (для деталей из чугуна или цветных сплавов — на один квалитет выше). Каждому методу обработки соответствует определенный диапазон квалитетов. На точность обработки влияют материал, конфигурация и размеры детали. Так, при прочих равных условиях, высокую точность обработки латунной детали на автоматах и револьверных станках получить проще, чем при обработке стальной детали. Отверстия, расположенные в труднодоступных местах, выполнить с заданной точностью сложнее, чем в простой втулке. Кроме того, для черновых операций точность изготовления деталей связана с точностью исходной заготовки, для чистовых — с условиями осуществления обработки. Поэтому приведенные в табл. 7.1 данные о точности обработки являются ориентировочными при оценке технологичности конструкции.

На точность размеров деталей из пластмасс влияют свойства материала, технология переработки пластмассы (способ и режимы), особенности конструкции детали и формы, условия хранения и применения деталей. Допуск, назначаемый конструктором по ГОСТ 25349—82, должен обеспечивать сохранение эксплуатационных показателей изделия в допустимых пределах, необходимый запас на изменение размеров деталей в процессе их хранения и эксплуатации и возможность экономичного изготовления деталей.

Экономически достижимая размерная точность изготовления деталей из пластмасс с учетом свойств материала и метода изготовления (так называемые «технологические допуски») приведена в табл. 7.2 и 7.3. Технологические уклоны для сопрягаемых поверхностей (рис. 7.1) должны располагаться в поле допуска размера. Если угол уклона показан на рабочем чертеже детали, то соединение и отдельные детали рассматриваются как конические, а погрешность размера от уклона не включается в поле допуска размера.

В табл. 7.4 приведены сведения о точности изготовления деталей, имеющих размеры с неуказанными допусками, а в табл. 7.5 — точность расположения осей отверстий крепежных соединений.

С повышением точности себестоимость обработки увеличивается, так как обработка деталей по более точному качеству требует больших трудовых и материальных затрат на оборудование, приспособления, инструмент и контроль. По мере уменьшения допуска увеличивается вероятность появления брака (рис. 7.2, а). Особенно большой процент брака (при прочих равных условиях) может быть при малых допусках. На участке *вг* кривой А брак может быть настолько велик, что обработка деталей данным методом становится неэкономичной. В таких случаях переходят на другой технологический процесс, дающий большую точность (кривая Б), но, как правило, связанный с применением более точного оборудования, что повышает себестоимость изготовления деталей (рис. 7.2, б). Относительная себестоимость изготовления деталей в этих случаях по мере уменьшения допуска возрастает по гиперболе.



Таблица 7.1. Экономически достижимая размерная точность изготовления деталей из стали при различных методах обработки

Продолжение табл. 7.1

Вид поверхности	Метод обработки	Класс точности по ОСТ	Квалитет
Вал	Обтачивание на станках: автоматах	3а, 3	10, 8
	револьверных токарных	3, 2а 2а, (2)	8, 7 7, (6)
	Обтачивание алмазное	2, (1)	6, (5)
	Шлифование: бесцентровое	2	6
	в центрах	2, 1	6, 5
	тонк е	1, выше 1-го	5
	Обкатывание роликом и шариком	3, 2	8, 6
	Электроэрозионная обработка	5—2	13—6
	Суперфиниширование	1, выше 1-го	5
	Доводка (ручная и механическая)	1, выше 1-го	5
Отверстие	Сверление: ручное	5, (4)	13, (11)
	через кондуктор	4, (3а)	11, (10)
	после предварительного сверления	4, (3а)	11, (10)
	Зенкерование	4, 3а	11, (10)
	Растачивание на станках: автоматах	3, 3а	8—10
	револьверных токарных	2а, 3 2а, (2)	7—9 7, (6)
	координатно-расточных	2, (1)	6, (5)
	Растачивание алмазное	2, (1)	6, (5)
	Развертывание: однократное	2а	7
	многократное	2, (1)	6, (5)
	Протягивание	2, (1)	6, (5)
	Прошивание	2, 1	6, 5
	Развальцовывание	2, 1	6, 5
	Раскатывание	3, 2	8—6
	Калибрование	2, (1)	6, (5)
	Шлифование	2, 1 (выше 1-го)	6, 5
	Хонингование	2, 1	5
	Суперфиниширование	1, выше 1-го	5
	Доводка (ручная и механическая)	1, выше 1-го	5
	Электроэрозионное прошивание	5—2	13—6
Электрохимическое прошивание	5—2	13—6	
хонингование	2, 1	6, 5	
Электроалмазное шлифование	2, 1	6, 5	

Вид поверхности	Метод обработки	Класс точности по ОСТ	Квалитет
Плоскость	Строгание	3а, 3	10, 8
	Долбление	5, (4)	12, 11
	Фрезерование	3, 2а, (2)	8—6
	Обтачивание торцов на станках: автоматах	5	12
	револьверных токарных	4 3, (2а)	11 8, (7)
	Шлифование: торцов	2а, 2	7, 6
	плоскостей	2, (1)	6, (5)
	Хонингование	2, (1)	6, (5)
	Суперфиниширование	1, выше 1-го	5
	Доводка (ручная и механическая)	1, выше 1-го	5
Резьба	Шабрение	3, 2а, (2)	8—6
	Слесарная опиловка	4, 3а, (3)	11, 10, (8)
Контурные поверхности плоских деталей	Нарезание: плашкой-метчиком	3, 2	8—6
	резцом-гребенкой	3, 2, (1)	8—6, (5)
	фрезой	3	8
	Накатывание роликами	3, 2а, (2)	8, 7, (6)
	Шлифование	2, 1	6, 5
Полая деталь простой формы (корпус, стакан)	Холодная штамповка: вырубка	5	12
	пробивка	4	11
	зачистка	3	8
	зачистка с калибровкой	2	6
Полая деталь простой формы (корпус, стакан)	Холодная штамповка в вытяжных штампах: по диаметру	4, 3а	11, 10
	по высоте	5—3	12—9

Примечания: 1. Более высокие квалитеты относятся к тем случаям, когда детали изготовляют небольшими партиями на станках высокой точности. 2. Классы точности и квалитеты, указанные в скобках, относятся в основном не к экономически, а технологически достижимым.

Вопрос о выборе оптимальной точности обработки — весьма сложная технико-экономическая задача. При ее решении необходимо учитывать не только стоимость обработки, но и стоимость сборки, которая понижается с повышением точности обработки, а также влияние точности на эксплуатационные характеристики и на экономические показатели работы изделия: надежность (долговечность и др.), КПД, расход горючего и др.

Правильно выбранным следует считать наибольший возможный допуск, при котором изделие удовлетворяет своему служебному назначению в соответствии с заданными техническими требованиями.

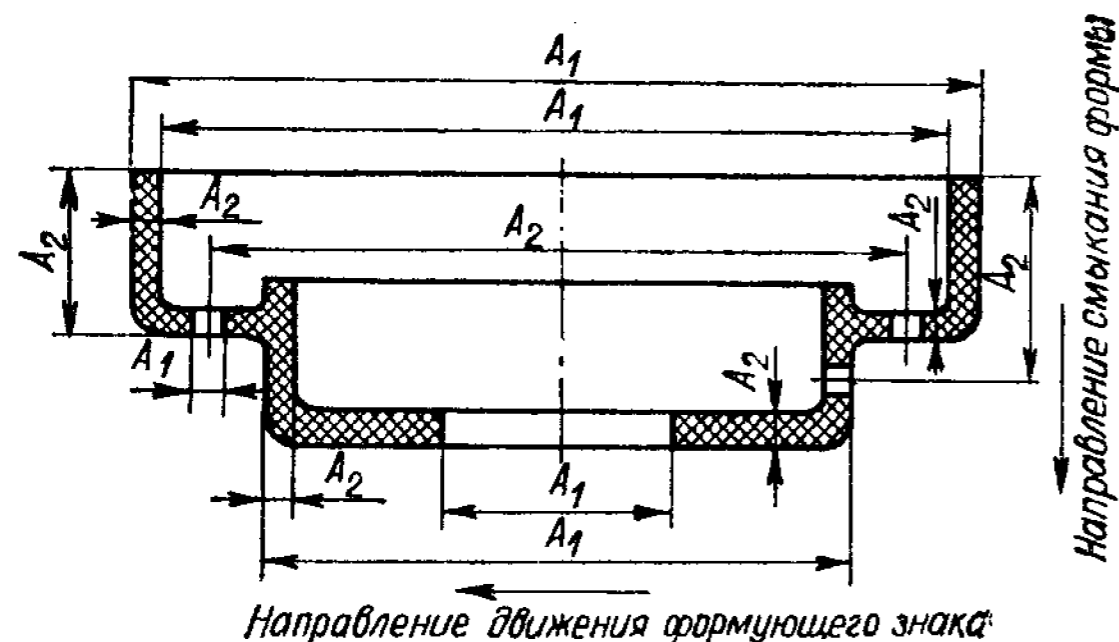


Рис. 7.1. Технологические уклоны для сопрягаемых поверхностей деталей из пластмасс

Таблица 7.2. Экономически достижимая размерная точность изготовления деталей из пластмасс прямым и литьевым прессованием и литьем под давлением [35]

Интервал размеров, мм	Колебание усадки, %							
	До 0,06	Св. 0,06 до 0,10	Св. 0,10 до 0,16	Св. 0,16 до 0,25	Св. 0,25 до 0,40	Св. 0,40 до 0,60	Св. 0,60 до 1,00	Св. 1,00
От 1 до 3	8	9	10	11	12	13	14	15
Св. 3 » 30	8	9	10	11	12	13	14	15
» 30 » 120	9	10	11	12	13	14	15	16
» 120 » 250	10	11	12	13	14	15	16	17
» 250 » 500	11	12	13	14	15	16	17	18
Интервал размеров, мм	Квалитеты для размеров деталей, определяемых взаимным расположением формирующих элементов (типа $A_2$ , рис. 7.1)							
От 1 до 3	10	11	12	13	14	15	16	17
Св. 3 » 30	9	10	11	12	13	14	15	16
» 30 » 120	10	11	12	13	14	15	16	17
» 120 » 250	11	12	13	14	15	16	17	18
» 250 » 500	12	13	14	15	16	17	18	—

Примечания: 1. Данные таблицы относятся к деталям простой геометрической формы. Для деталей усложненной конфигурации экономически достижимая точность принимается на один квалитет грубее. 2. Колебание усадки рекомендуется определять экспериментально на конкретных деталях или стандартных образцах.

Таблица 7.3. Экономически достижимая размерная точность изготовления деталей из пластмасс резанием [35]

Реактопласты	Аморфные термопласты	Кристаллизующиеся термопласты	Вид обработки	Обрабатываемая поверхность
Квалитеты				
6, 7	7, 8	8, 9	Шлифование чистовое	Наружные цилиндрические поверхности
7, 8	8, 9	9, 10	Шлифование чистовое Развертывание чистовое	Плоские поверхности, отверстия Отверстия
8, 9	9, 10	10, 11	Обточка чистовая Сверление чистовое Шлифование черновое	Наружные цилиндрические поверхности Отверстия Наружные цилиндрические и плоские поверхности
9, 10	10, 11	11, 12	Зенкование Фрезерование чистовое	Отверстия Плоские поверхности
10, 11	11, 12	12, 13	Сверление	Отверстия
11, 12	12, 13	13, 14	Обточка черновая Фрезерование черновое	Наружные цилиндрические поверхности Плоские поверхности

Примечания: 1. При размерах более 180 мм следует выбирать допуски на один квалитет грубее. 2. Для цилиндрических поверхностей с отношением длина/диаметр больше 2, а также для плоских поверхностей с отношением длина/ширина больше 2 следует выбирать допуски на один квалитет грубее.

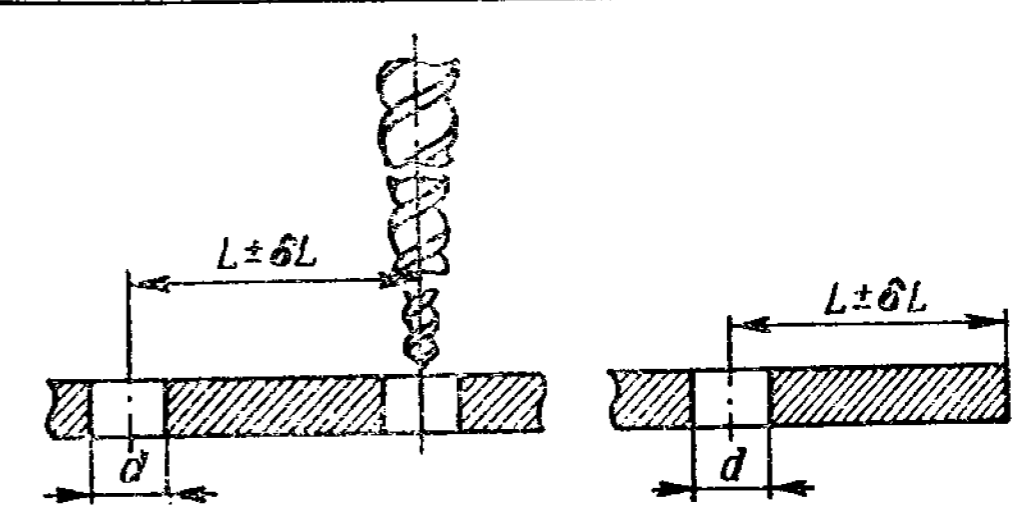
Таблица 7.4. Экономически достижимая размерная точность изготовления деталей, имеющих размеры с неуказанными допусками при различных методах обработки

Вид обработки	Размеры	Квалитет
Резание со снятием стружки	Диаметры валов и отверстий, расстояния между параллельными плоскостями	12—14
	Длины и глубины уступов и впадин, радиусы, фаски, расстояния между центрами отверстий и отверстий от баз	15
	Расстояния между обработанными и необработанными поверхностями	14—17

Продолжение табл. 7.4

Вид обработки	Размеры	Квалитет
Штамповка: вырубание	Диаметральные Длины, длины и глубины уступов, впадин, радиусы, расстояния между центрами отверстий	14 15
вытяжка	Диаметральные Длины, длины и глубины усту- пов, впадин	15 16
гибка, отбортовка вы- тяжек, горячее штампование	Любые	16, 17 и грубее 17-го
Литье: в песчаные формы	Любые	16—17
в кокиль, центро- бежный, в оболоч- ковые формы	Размеры всех поверхностей, рас- положенных: в одной части формы в двух и более частях формы	15 16
по выплавляемым мо- делям	в одной части формы в двух и более частях формы	14 15—16
под давлением	в одной части формы в двух и более частях	15 15—16
Сварка	Любые	16, 17 и грубее 17-го
Ручная гибка, гибка труб и т. п.		

Таблица 7.5. Точность расположения осей отверстий  
крепежных соединений после различных методов обработки



Метод обработки	Интервал размеров, мм	Точность исполнения $\delta L$ , мм	
		экономиче- ская	возможная
Свободное сверление по разметке	Диаметр сверла: до 3 св. 3 до 6 » 6 » 10 » 10 » 18 » 18 » 30 » 30 » 50 » 50	$\pm 0,5$ $\pm 0,6$ $\pm 0,8$ $\pm 1,0$ $\pm 1,2$ $\pm 1,6$ $\pm 2,0$	$\pm 0,20$ $\pm 0,25$ $\pm 0,30$ $\pm 0,35$ $\pm 0,40$ $\pm 0,45$ $\pm 0,50$
	Сверление и развертыва- ние по кондуктору	Диаметр сверла: до 3 св. 3 до 6 » 6 » 10 » 10 » 18 » 18 » 30 » 30 » 50 » 50	$\pm 0,05$ $\pm 0,06$ $\pm 0,07$ $\pm 0,08$ $\pm 0,09$ $\pm 0,10$ $\pm 0,12$
Растачивание на токар- ном станке при установке на угольниках	—	$\pm 0,3$	$\pm 0,1$
Растачивание на рас- точном станке	Установка по размет- ке	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
	Установка по штан- генциркулю при $L$ : до 300 св. 300 до 600 » 600 » 1000 Установка по конце- вым мерам при $L \leq 300$	$\pm 0,1$ $\pm 0,3$ $\pm 0,5$ $\pm 0,03$	$\pm 0,1$ $\pm 0,3$ $\pm 0,5$ $\pm 0,03$
Растачивание на коор- динатно-расточном станке	—	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$
Сверление отверстий во фланцах на фрезерном стан- ке с делительной головкой	—	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$

Продолжение табл. 7.5

Метод обработки	Интервал размеров, мм	Точность исполнения $\delta L$ , мм	
		экономическая	возможная
Растачивание отверстий во фланцах на фрезерном станке с делительной головкой	—	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$
Планетарное шлифование	—	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$
Холодная штамповка плоских деталей	Толщина материала при $L < 50$ мм:		
	до 1	$\pm 0,10$	$\pm 0,03$
	св. 1 до 2	$\pm 0,12$	$\pm 0,04$
	» 2 » 4	$\pm 0,15$	$\pm 0,06$
	» 4 » 6	$\pm 0,20$	$\pm 0,08$
	Толщина материала при $50 < L < 150$ мм:		
	до 1	$\pm 0,15$	$\pm 0,05$
	св. 1 до 2	$\pm 0,20$	$\pm 0,06$
	» 2 » 4	$\pm 0,25$	$\pm 0,08$
	» 4 » 6	$\pm 0,30$	$\pm 0,10$
	Толщина материала при $50 < L < 300$ мм:		
	до 1	$\pm 0,20$	$\pm 0,08$
св. 1 до 2	$\pm 0,30$	$\pm 0,10$	
» 2 » 4	$\pm 0,35$	$\pm 0,12$	
» 4 » 6	$\pm 0,40$	$\pm 0,15$	
Прессование деталей из пластмасс: карболит	—	Отклонение от размера $L$ , %: $\pm 0,15\%$ (но $\geq \pm 0,15$ мм)	
текстолит	—	$\pm 0,2\%$ (но $\geq \pm 0,2$ мм)	
волокнит	—	$\pm 0,1\%$ (но $\geq \pm 0,1$ мм)	

Необходимая точность может быть определена расчетным путем исходя из требуемого допуска посадки, обеспечивающего желательную долговечность работы сопрягаемых деталей. Следует, однако, подчеркнуть, что повышение надежности работы различных сопряжений успешно достигается и такими конструктивными решениями, как выбор соответствующих материалов сопрягаемых деталей, изменение условий смазки и охлаждения узлов трения, применение компенсаторов износа, особенно автоматических, изменение шероховатости поверхностей, применение всевозможных упрочняющих и других подобных покрытий, изменение номинальных размеров сопряжения и его конструкции и мн. др.

4-й и 5-й качества применяются редко, в особо точных соединениях, не допускающих заметного изменения натяга или зазора. Примеры применения: закрепление высокоточных подшипников шпинделей прецизионных станков и приборов на валу и в корпусе, закрепление эталонных зубчатых колес на валах и оправках и т. п.

6-й и 7-й качества применяются в ответственных сопряжениях, когда к посадкам предъявляются требования определенности, а к деталям — взаимозаменяемости.

Примеры применения: посадки зубчатых колес высокой и средней точности на валы, выполнение посадочных мест для подшипников качения классов точности P0 и P6; подшипники скольжения, соединения гидравлической и пневматической аппаратуры и т. п. В автомобильной, авиационной, станкостроительной, турбостроительной промышленности 60—70 % ответственных сопряжений выполняется в этих качествах.

8-й качество применяется для соединений с большими гарантированными зазорами (или натягами), которые менее чувствительны к их увеличению, а также для посадок, обеспечивающих среднюю точность сборки. Примеры: подшипники скольжения быстровращающихся валов, сопрягаемые поверхности с большими натягами, сопряжения с зазором, работающие при повышенной температуре.

9-й и 10-й качества применяются в неответственных соединениях с зазором. Посадки с натягом и переходные посадки в этих качествах не употребляются из-за неопределенности соединений. С такой точностью изготавливают посадочные места

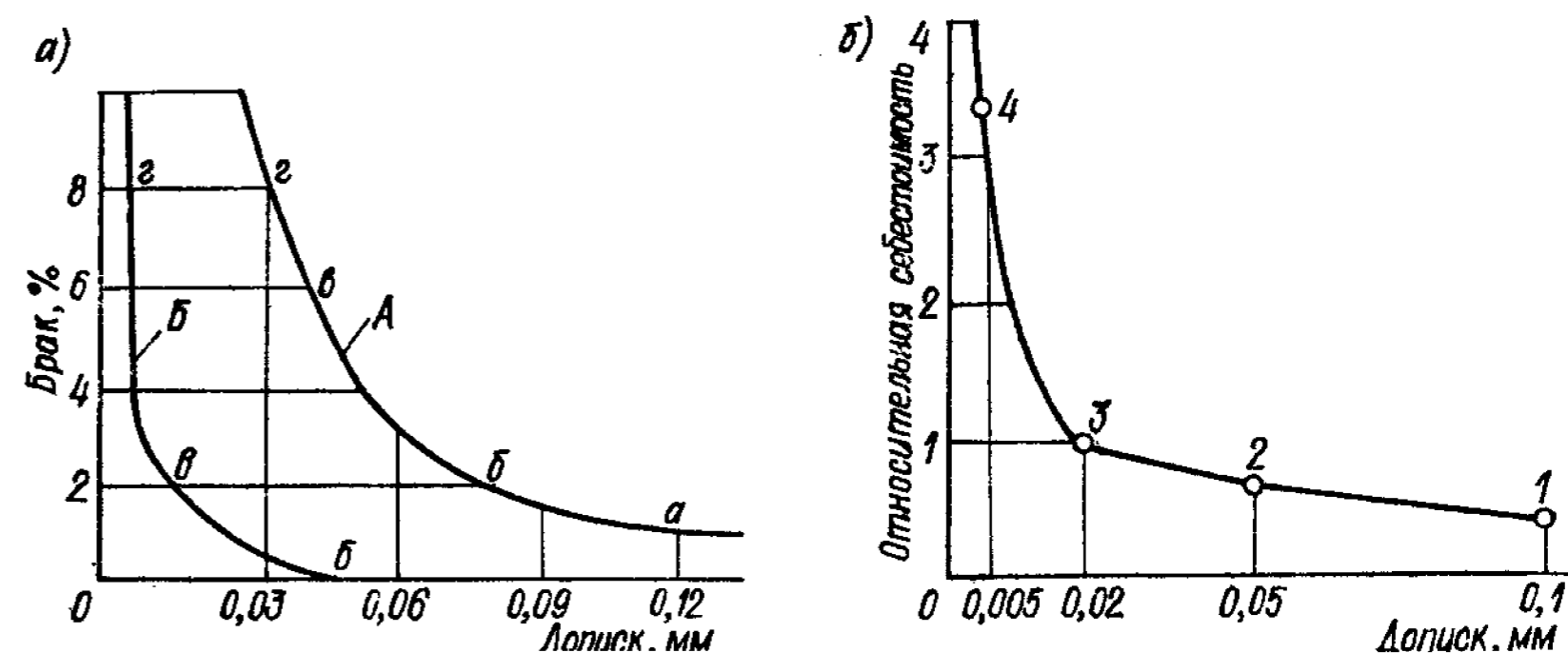


Рис. 7.2. Зависимость процента возможного брака (а) и относительной себестоимости (б) от допуска:

1 — холодное волочение; 2 — обтачивание на токарном станке; 3 — обтачивание и шлифование; 4 — обтачивание, шлифование, притирка

холостых шкивов на валах, подшипники скольжения некоторых неточных валов, неответственные подвижные соединения сельскохозяйственных и дорожных машин и т. п.

11-й и 12-й качества применяются в соединении для грубой сборки под последующую пайку и сварку, а также в грубых соединениях с очень большими гарантированными зазорами, работающих в условиях сильного загрязнения, и в неответственных соединениях (крышки, фланцы и т. д.).

При выборе качества необходимо также иметь в виду, что стоимость обработки возрастает с уменьшением допуска, особенно резко в области малых допусков, требующих изготовления деталей дорогими и малопродуктивными способами. Если допуски, необходимые в соответствии с требованиями конструкции, настолько малы, что оказываются нерентабельными (не позволяющими экономично изготавливать детали), то назначают достаточно большие допуски на изготовление с последующей рассортировкой деталей на размерные группы с их селективной сборкой. В некоторых случаях конструкторской практики, когда даже наиболее грубый качество вызывает на производстве какие-либо трудности или когда дальнейшее снижение требований к точности приводит к снижению стоимости изделия без ухудшения его качества, допуски должны быть увеличены.

Итак, изготовление деталей с меньшими допусками связано с повышением себестоимости. Но при этом обеспечиваются высокая точность сопряжений, постоянство их характера в большой партии и более высокие эксплуатационные показатели изделия в целом. Изготовление деталей по расширенным допускам проще, не требует точного оборудования и отделочных технологических процессов, но снижает точность и, следовательно, долговечность машин. Таким образом, перед конструкторами, технологами и метрологами всегда стоит задача: рационально, на основе технико-



экономических расчетов, разрешить противоречия между эксплуатационными требованиями и технологическими возможностями исходя в первую очередь из выполнения эксплуатационных требований.

## 7.2. Качество поверхности

В условиях эксплуатации машины или прибора внешним воздействиям в первую очередь подвергаются поверхности их деталей. Износ трущихся поверхностей, зарождение трещин усталости, смятие, коррозионное и эрозионное разрушения, разрушение в результате кавитации и др. — это процессы, протекающие на поверхности деталей и в некотором прилегающем к поверхности слое. Естественно, что придание поверхностям деталей специальных свойств способствует существенному повышению показателей качества машин в целом и в первую очередь показателей надежности.

**Качество поверхности** — это совокупность всех служебных свойств поверхностного слоя материала. Под термином «поверхностный слой» понимается сама поверхность и ее некоторый поверхностный слой, отличающийся от материала сердцевины

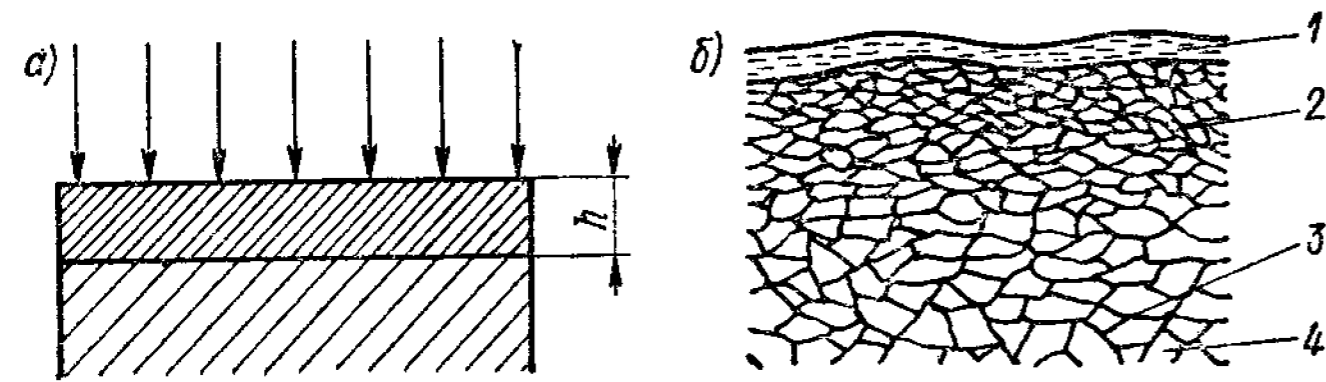


Рис. 7.3. Поверхностный слой (а) и схема его строения после механической обработки (б)

детали. Глубина слоя  $h$  (рис. 7.3, а) различна в зависимости от условий эксплуатации детали: несколько микрон — для измерительного калибра, несколько сотен микрон — для вала машины.

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин и приборов. Наиболее существенным для практических целей является установление зависимости между параметрами конкретного технологического процесса обработки поверхности, показателями качества поверхностного слоя и показателями деталей машин и приборов в эксплуатации.

Качество поверхностного слоя металла обуславливается свойствами металла и методами обработки: механической, электрофизической, электрохимической, термической и т. д. В процессе механической обработки (резание лезвийным инструментом, шлифование, полирование и др.) поверхностный слой деформируется под действием нагрузок и температуры, а также загрязняется примесями (частицы абразива, кислород) и другими инородными включениями.

Схематически строение поверхностного слоя детали после механической обработки представлено на рис. 7.3, б. Упрочненный слой, состоящий из верхнего слоя 1, слоя 2 с текстурой, в котором зерна имеют преимущественную ориентацию, и пластически деформированного слоя 3, имеет уменьшенную по сравнению с сердцевиной 4 плотность; в нем существенно увеличено количество дислокаций и других дефектов строения кристаллической решетки. Этот слой имеет увеличенную по сравнению с сердцевиной детали твердость.

В соответствии с современными представлениями качество поверхностного слоя является сложным комплексным понятием и определяется двумя группами характеристик<sup>1</sup> (рис. 7.4). Геометрические характеристики качества поверхности показаны на рисунке в порядке уменьшения их абсолютных величин: отклонения формы (макрогеометрия); волнистость; шероховатость (микрогеометрия); субмикрощеро-

<sup>1</sup> Здесь рассматриваются только геометрические характеристики.

ховатость. В отдельных случаях волнистость может быть больше погрешности формы, а шероховатость больше волнистости. Волнистость занимает промежуточное положение между шероховатостью и погрешностями формы поверхности (см. рис. 7.3). Критерием для их разграничения служит отношение шага  $S$  к высоте неровностей  $R$  (рис. 7.5).

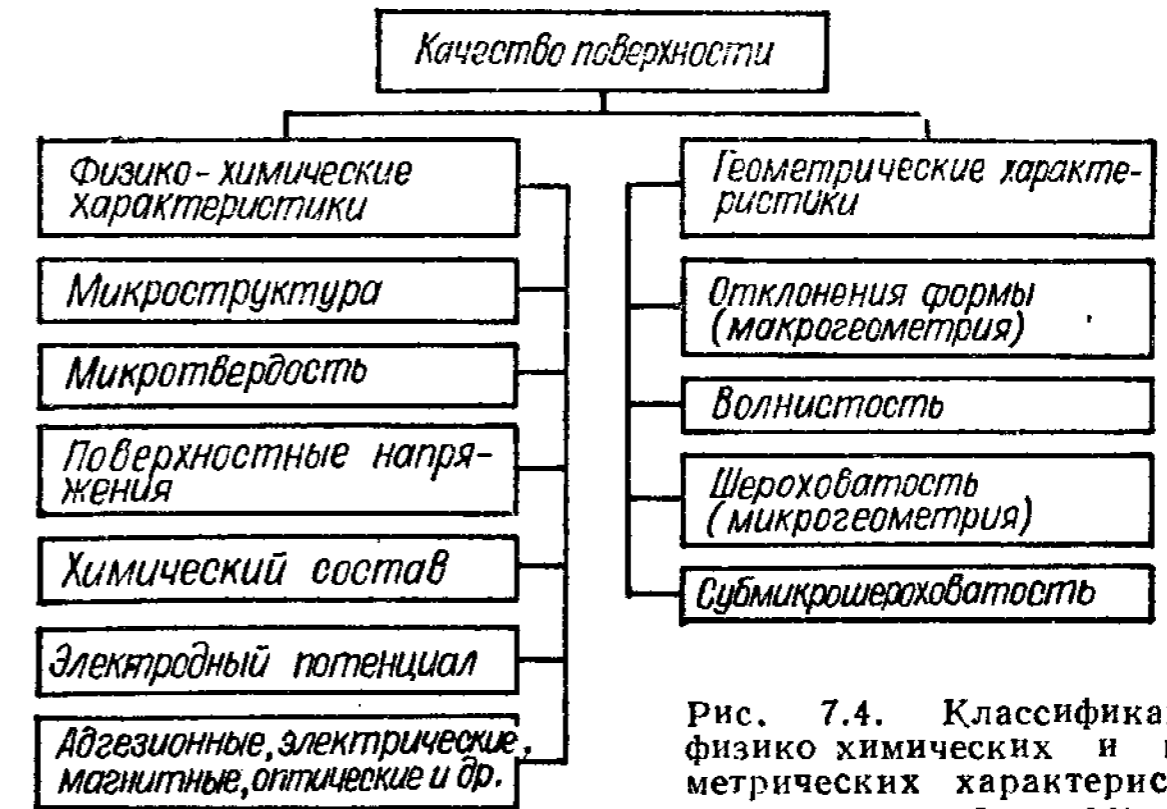


Рис. 7.4. Классификация физико-химических и геометрических характеристик качества поверхности

Субмикроскопический рельеф (СМР) поверхности имеет особую природу возникновения. Его параметры зависят прежде всего от внутренних несовершенств деформируемого металла и прикладываемых напряжений. Для качественных и коли-

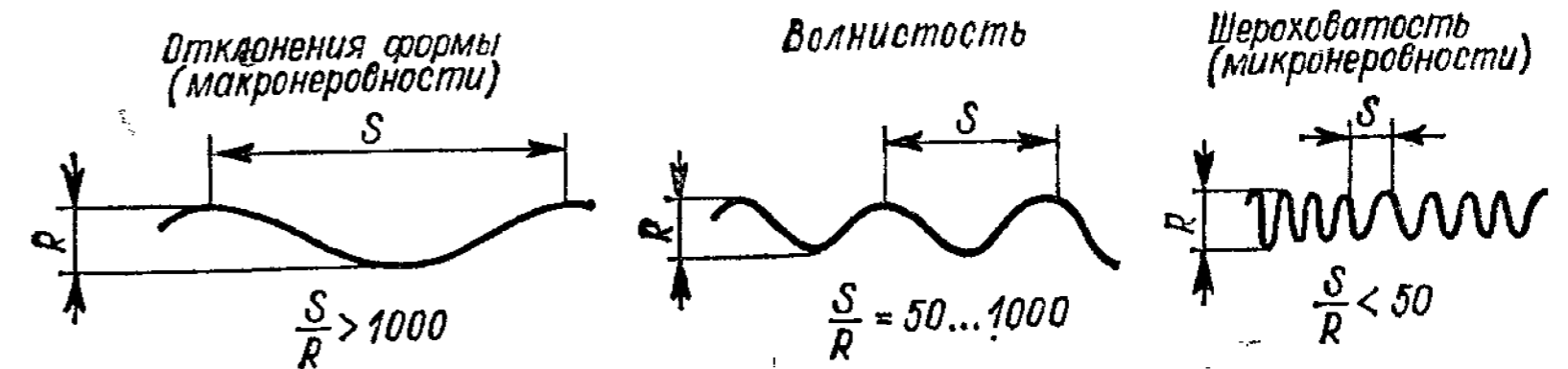


Рис. 7.5. Классификация геометрических характеристик качества поверхности

чественных характеристик субмикрорельефов большую роль играют пленки окислов и адсорбированных слоев жидкости. Количественно характер СМР определяется величиной выступов и впадин, их формой и частотой расположения на поверхности металла.

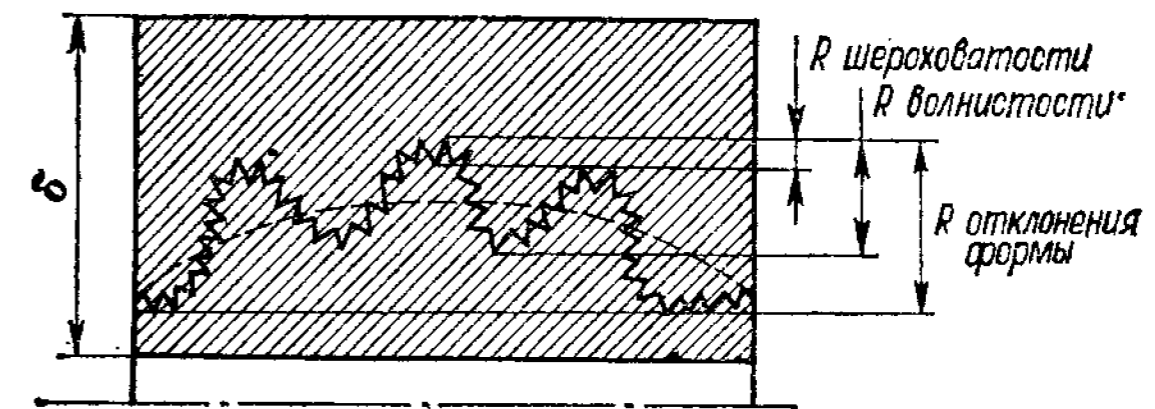


Рис. 7.6. Реальная поверхность, имеющая шероховатость, волнистость и отклонение формы

Установлено влияние СМР, например на адгезию, адсорбцию, отражательную способность и др. Однако законы образования СМР и численные характеристики, как при его появлении, так и при нагружении, например трением, пока еще не изучены и при оценке качества поверхности не учитывают, а поэтому и не нормируют.

Сложность решения задач, связанных с нормированием, технологическим обеспечением и контролем геометрических параметров реальных поверхностей, состоит в том, что их (отклонения формы, волнистость и шероховатость) весьма трудно выделить в отдельности (рис. 7.6). В реальных поверхностях (рис. 7.7) могут встречаться их комбинации.

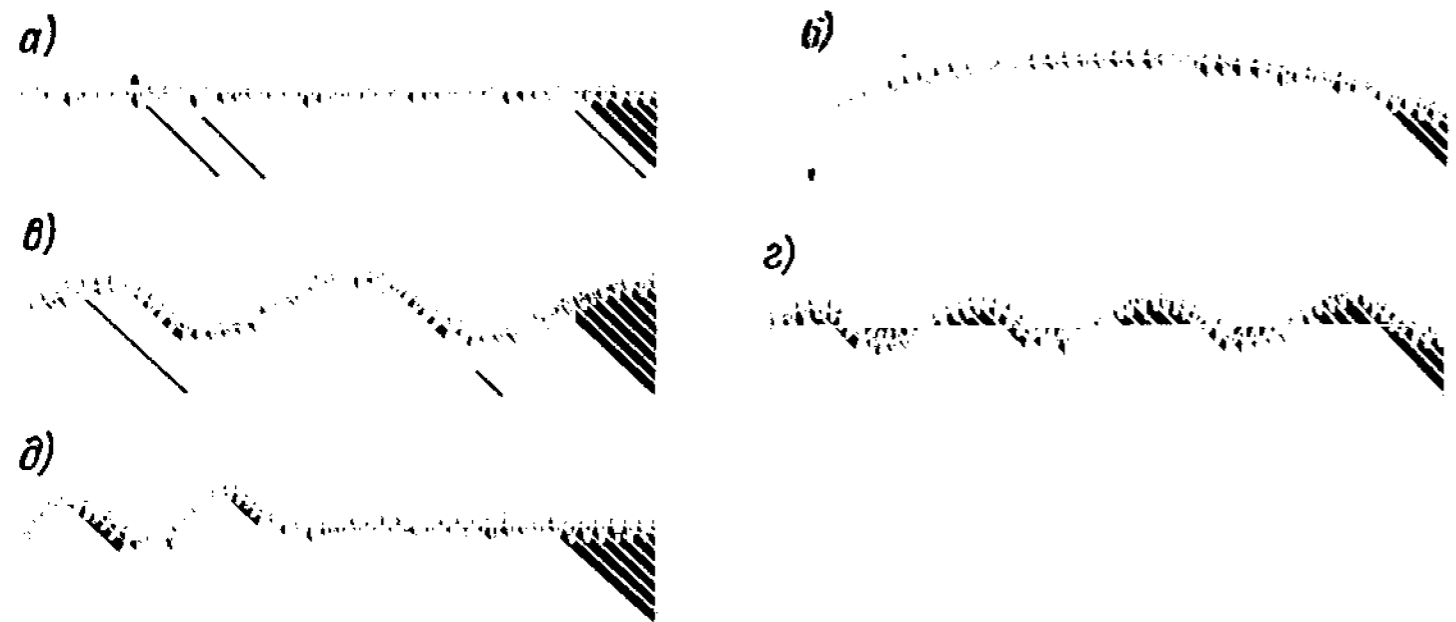


Рис. 7.7. Реальные поверхности, имеющие шероховатость (а), макро-неровность и шероховатость (б), волнистость и шероховатость (в), макро-неровности, волнистость и шероховатость (г), на отдельных участках неровности различных видов (д)

Конструктор должен предельно внимательно регламентировать параметры, характеризующие как физические, так и геометрические характеристики поверхности. Однако во многих случаях требования к качеству поверхности могут быть выявлены лишь экспериментальным путем, так как зависимость различных эксплуатационных свойств поверхности от различных физических и геометрических параметров ее сложны и недостаточно изучены.

### 7.3. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей машин

Взаимосвязь параметров качества поверхности деталей и их эксплуатационных свойств является одним из основных направлений исследований в области машино- и приборостроения.

В настоящее время достаточно изучены вопросы связей качества обработанной поверхности с важными эксплуатационными показателями деталей и узлов машин и приборов (трение и износ при скольжении и качении, жидкостное трение, контактная жесткость, прочность прессовых соединений, отражательная способность, износостойкость при переменных нагрузках, коррозионная стойкость и качество лакокрасочных покрытий, точность измерений, соотношение между допусками размера и шероховатостью поверхности и т. д.). Сведения о связи эксплуатационных свойств поверхности с параметрами шероховатости освещены, например в работах [56—67] и обширной библиографии, приведенной в перечисленной литературе.

Не все физико-химические свойства поверхностного слоя оказывают равноценное влияние на эксплуатационные характеристики деталей машин; определяющими являются его химический состав и строение (микроструктура).

Трение и износ деталей в значительной степени связаны с макро-неровностями, волнистостью, микронеровностями, а также с направлением штрихов (следов) обработки.

Характеристики макро-неровностей и волнистости сказываются на размерах тех участков, в которых находятся зоны фактического контакта, т. е. определяют контурную площадь касания. Наличие волн (см. рис. 7.7, в, г) приводит к уменьшению опорной площади в 5—10 раз по сравнению с ровной шероховатой поверхностью. Высота волнистости  $W_z$  важнее, чем шаг  $S_w$ , в связи с тем, что первый параметр

сильнее сказывается на величине опорной площади (рис. 7.8). Процесс контактирования поверхностей, имеющих макро-неровности, в значительной степени определяется формой и размерами последних. Для оценки этого влияния следует учитывать не только предельные значения отклонений от правильной геометрической формы, но и взаимное расположение и форму макро-неровностей сопрягаемых поверхностей деталей.

При взаимном перемещении контактирующих плоских (рис. 7.9, а) или цилиндрических (рис. 7.9, б) поверхностей, имеющих микронеровности (шероховатость), в первоначальный момент происходит срез, отламывание и пластический сдвиг вершин неровностей, так как их контакт происходит по вершинам неровностей. Зависимость износа<sup>1</sup> от времени работы трущихся поверхностей видна из графика (рис. 7.9, г, д). Сначала сравнительно быстро (участок I) за период времени  $T_1$  происходит начальное изнашивание<sup>2</sup> (приработка). При правильном режиме смазывания (рис. 7.9, в) изнашивание протекает медленно (участок II), что обусловлено образованием равновесной шероховатости. Этот период времени определяет срок службы детали. Катастрофическое изнашивание пары характеризуется участком III.

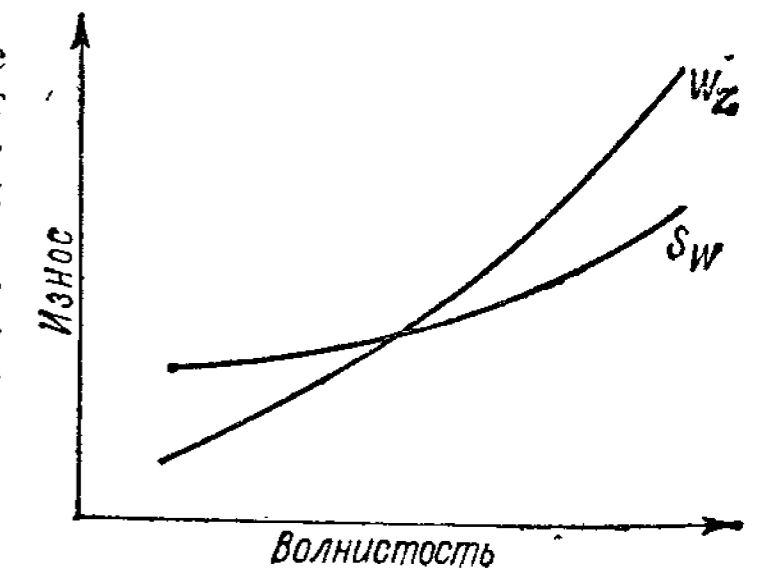


Рис. 7.8. Влияние высоты  $W_z$  и шага  $S_w$  волнистости на износ

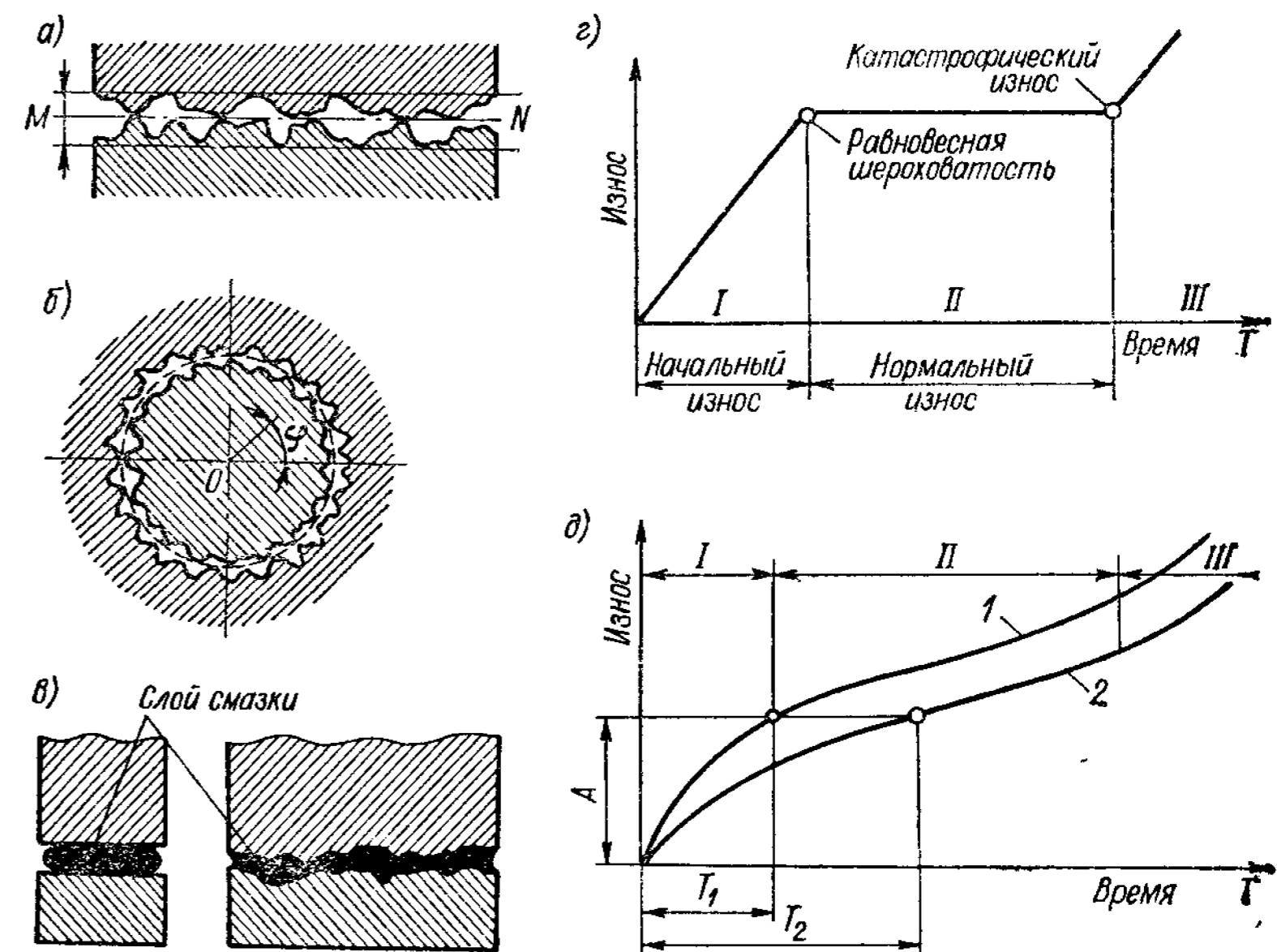


Рис. 7.9. Влияние шероховатости поверхности на износостойкость деталей машин; а, б — схемы контакта сопряженных деталей по образующей (вдоль оси) и по окружности; в — идеализированный и фактический контакт поверхностей; г, д — типовые графики износа во времени

На рис. 7.9, д кривая 2 характеризует износ поверхностей с меньшими начальными шероховатостями, чем кривая 1. В этом случае величина и время приработоч-

<sup>1</sup> Износ — изменение размеров, формы или состояния поверхности.  
<sup>2</sup> Изнашивание — разрушение поверхностного слоя при трении.

ного изнашивания уменьшаются, а интенсивность эксплуатационного изнашивания остается той же. Продолжительность работы трущихся пар в пределах размера  $A$  допустимого изнашивания будет различной. При меньшей шероховатости сопряженных поверхностей время работы деталей будет большим ( $T_2 > T_1$ ).

Во время начального изнашивания (приработки) технологический рельеф переходит в эксплуатационный (рис. 7.10, а), в результате чего происходит изменение

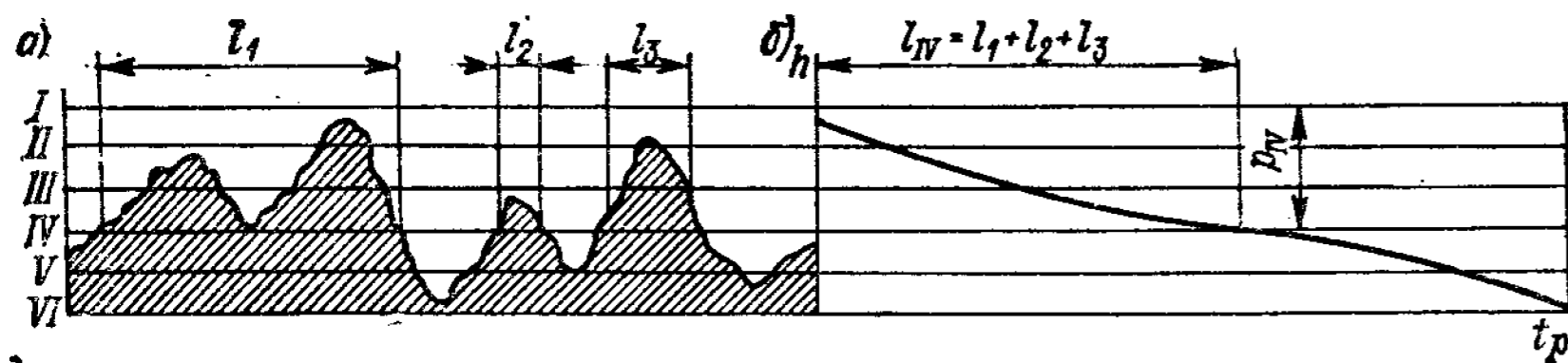


Рис. 7.10. Переход технологического рельефа в эксплуатационный

размеров и формы неровностей, а также направлений обработочных рисок. Фактическая площадь контактирования поверхностей при этом увеличивается, так как увеличивается относительная опорная длина профиля  $t_p$  (кривая опорной поверхности представлена на рис. 7.10, б).

В процессе приработки высота неровностей уменьшается или увеличивается до некоторого оптимального значения, различного для разных условий. Экспериментально установлено, что наименьший износ получается не при минимальной шероховатости трущихся поверхностей, а при шероховатости, имеющей оптимальное значение  $R_{opt}$ , отклонение от которой в большую и меньшую сторону приводит к увеличению изнашивания (рис. 7.11, кривая 1). В более тяжелых условиях работы кривая износа 2 смещается вправо и вверх, а точки оптимальной шероховатости — вправо в сторону увеличения высоты неровностей.

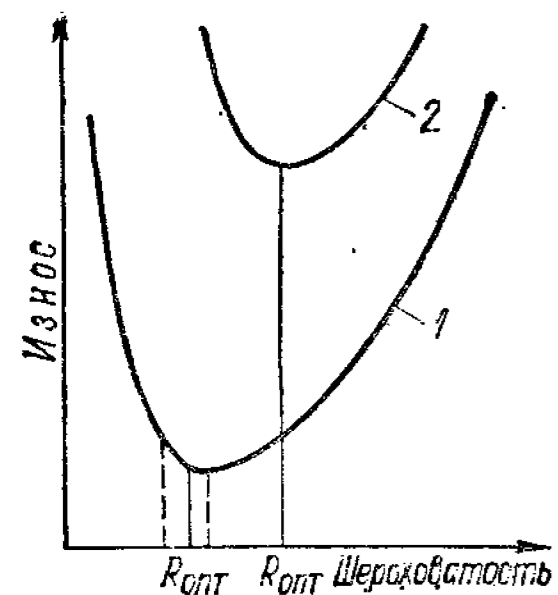


Рис. 7.11. Зависимость износа от высоты неровностей поверхности и условий работы

Увеличение высоты неровностей по сравнению с оптимальным значением повышает изнашивание за счет возрастания механического зацепления, скалывания и среза неровностей. Уменьшение высоты неровностей по сравнению с оптимальным значением резко увеличивает изнашивание за счет молекулярного сцепления и заедания поверхностей, чему способствует выдавливание смазочного материала и плохая смачиваемость ею зеркально-чистых поверхностей. Поэтому приработанные поверхности лучше притертых, так как на них имеются углубления («карманы»), удерживающие смазочный материал.

Хорошее удерживание смазочного материала обеспечивается слоем пористого хрома, пористой структурой металлокерамических деталей, а также системой мелких маслоудерживающих каналов, получаемых виброобкатыванием.

Оптимальная шероховатость характеризуется высотой, шагом и формой неровностей (радиусом впадин, углом наклона неровностей в направлении движения и др.). Параметры оптимальной шероховатости зависят от качества смазочного материала и других условий работы трущихся поверхностей, их конструкции и материала. Диапазон  $R_{opt}$ , как правило, очень мал. Острове́ршинные микронеровности изнашиваются быстрее плосковершинных (рис. 7.12), так как площадь контакта меньше.

Микротвердость поверхностного слоя влияет на износостойкость. Предварительное деформационное упрочнение<sup>1</sup> (наклеп) металла этого слоя уменьшает смятие и

истирание поверхностей при наличии их поверхностного контакта. Например, деформационное упрочнение, возникающее в результате обработки резанием, уменьшает износ поверхностей в 1,5—2 раза. Положительное влияние предварительного деформационного упрочнения на износостойкость деталей проявляется не только в условиях трения со смазочным материалом, но и в такой же мере проявляется и при сухом трении: износостойкость увеличивается в 1,5—2 раза и более [65]. Особенно сильное влияние деформационного упрочнения на износостойкость наблюдается для более пластичных и сравнительно мягких сталей, для которых даже незначительное повышение микротвердости в связи с этим вызывает существенное снижение износа.

В период приработки трущиеся поверхности не только приобретают оптимальную шероховатость, но и формируют оптимальную микротвердость металла поверхностного слоя. Положительное влияние деформационного упрочнения на износостойкость трущихся поверхностей проявляется только до определенной величины. При высокой микротвердости в результате «перенаклепа» износ возрастает из-за шелушения частиц металла. Поэтому упрочнение металла поверхностного слоя

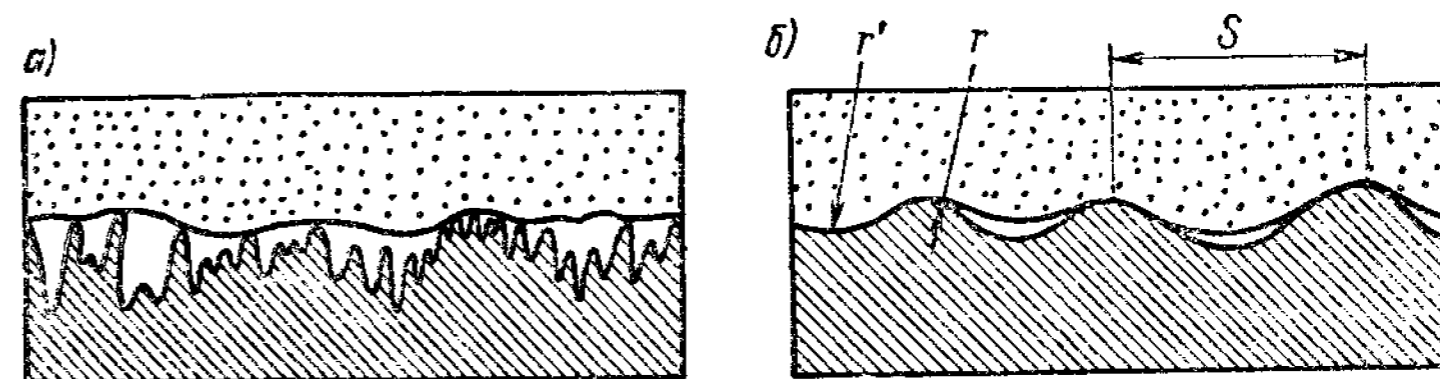


Рис. 7.12. Площадь контакта в зависимости от формы неровностей: а — острове́ршинных; б — плосковершинных;  $r, r'$  — радиусы вершин неровностей,  $s$  — шаг неровностей

в процессе обработки деталей или при специальных упрочняющих операциях должно производиться при строго регламентированном значении деформационного упрочнения, чтобы предотвратить возникновение «перенаклепа».

Изнашивание значительно уменьшается при термической и химико-термической обработке деталей (поверхностной закалке, цементации, цианировании, азотировании, диффузионном хромировании, борировании, алитировании, силнцировании, сульфидировании и др.), наплавке и плазменном напылении деталей твердыми сплавами, а также при гальваническом нанесении твердых покрытий (хромировании). Износостойкость чугуновых деталей повышают созданием на поверхностях трения отбеленной корки.

На уменьшение изнашивания влияют твердость, структура и химический состав поверхностного слоя. Наличие в слое остаточных напряжений сжатия несколько уменьшает изнашивание, а остаточных напряжений растяжения — увеличивает. Это влияние больше проявляется при упругом контакте и меньше при упругопластическом. Изнашивание изменяет остаточные напряжения в поверхностном слое детали.

Прочность деталей также зависит от шероховатости поверхности. Разрушение детали, особенно при переменных нагрузках, в большей степени объясняется концентрацией напряжений вследствие наличия неровностей. Чем меньше шероховатость, тем меньше возможность возникновения поверхностных трещин от усталости металла. Отделочная обработка деталей (доводка, полирование и т. п.) обеспечивает значительное повышение предела их усталостной прочности.

Уменьшение шероховатости поверхности значительно улучшает антикоррозионную стойкость деталей. Это имеет особенно важное значение в том случае, когда для поверхностей не могут быть использованы защитные покрытия (поверхности цилиндров двигателей и др.).

Надлежащее качество поверхности играет немаловажную роль и в сопряжениях, отвечающих условиям плотности, герметичности, теплопроводности. С понижением шероховатости поверхностей улучшается их способность к отражению электромагнитных, ультразвуковых и световых волн; уменьшаются потери электро-

<sup>1</sup> Термин «деформационное упрочнение» применяется вместо отмененного термина «наклеп».



магнитной энергии в волнопроводных трактах, резонирующих системах, уменьшается емкость электродов; в электровакуумных приборах уменьшается газопоглощение и газовыделение, облегчается очистка деталей от адсорбированных газов, паров и пыли.

Важной геометрической характеристикой качества поверхности является направленность штрихов — следов механической и других видов обработки. Она влияет на износостойкость поверхности, определенность посадок, прочность прессовых соединений. В ответственных случаях конструктор должен оговаривать направленность следов обработки на поверхности детали. Это может оказаться необходимым, например, в связи с направлением относительного скольжения сопряженных деталей или с направлением движения по детали струи жидкости или газа. Изнашивание уменьшается и достигает минимума при совпадении направления скольжения с направлением неровностей обеих деталей.

Шероховатость и волнистость поверхности взаимосвязаны с точностью размеров [53], так как точность сопряжения, устанавливаемая и определяемая размером зазора в соединении, в значительной степени зависит от соотношения высоты неровностей и поля допуска (точности обработки) каждой из сопрягаемых деталей. Если учесть, что в период начального изнашивания высота неровностей может уменьшиться на 65—75 % (при большей высоте, чем при оптимальной шероховатости), то в соединении появится дополнительный зазор, который может достигнуть значения допуска на изготовление детали, и точность соединения будет полностью нарушена (например, вместо требуемого чертежом соединения 6-го качества точности фактически возникает соединение 7-го или 8-го качества, вместо посадки с натягом появятся переходные посадки и т. д.). Для предотвращения этого во всех случаях ответственных сопряжений, от которых требуется длительное сохранение установленной конструктором точности, необходимо обработку деталей вести при достижении определенной оптимальной шероховатости трущихся поверхностей.

Высокой точности всегда отвечают малые шероховатости и волнистость поверхности. Это определяется не только условиями работы сопряженных деталей, но и необходимостью получения надежных результатов измерения в производстве. Уменьшение шероховатости поверхности вносит большую определенность в характер сопряжения, так как размер зазора (или натяга), полученный в результате контроля деталей, отличается от размера эффективного зазора или натяга, имеющего место в эксплуатации или при сборке. Эффективный натяг при сборке уменьшается, а зазор в процессе работы механизма увеличивается, причем тем больше и быстрее, чем более грубо обработаны сопрягаемые поверхности.

Малую шероховатость поверхности бывает необходимо использовать и для придания красивого внешнего вида детали или удобства содержания поверхностей в чистоте и т. п.

#### 7.4. Управление качеством поверхности технологическими методами

Целенаправленное формирование поверхностного слоя с заданными свойствами в процессе изготовления деталей является одной из важнейших задач современного машиностроения. Существенный резерв в повышении качества изделий следует искать в правильном формировании контура поверхности в зависимости от ее служебной функции, причем конструктор должен знать, что нужно задать, а технолог — уметь осуществить заданное. Это далеко не просто, поскольку речь идет о формировании контура неровностей и их совокупности, измеряемых в микрометрах и долях микрометра.

Многие характеристики качества поверхности, влияющие на эксплуатационные свойства, зависят от технологического метода и условий изготовления деталей. Исходя из этих свойств, можно назначить определенные условия обработки (технологический метод, режимы обработки и т. д.), обеспечивающие получение поверхности с необходимыми параметрами качества: высотой неровностей и их направлением, размером опорной площади и т. д. Конструктору целесообразно назначать метод обработки поверхности, обеспечивающий уже на стадии изготовления деталей получение оптимальной шероховатости, наблюдаемой в зоне контакта (см. п. 7.3).

Исследование путей улучшения качества поверхности с целью повышения эксплуатационных свойств до недавнего времени ограничивалось рассмотрением

методов и условий осуществления последней операции, завершающей технологический процесс обработки детали, при этом исключалась возможность влияния результатов предшествующих операций. В результате проведенных исследований [67] доказана несостоятельность подобного положения и установлено существование технологической наследственности при образовании качества рабочих поверхностей. Под *технологической наследственностью* подразумевается явление переноса свойств обрабатываемого изделия (заготовки) от предшествующих операций к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин. При этом изменение эксплуатационных свойств определяется методами и режимами, применяемыми на отдельных операциях термической и механической обработки, видом и состоянием режущего инструмента, условиями охлаждения, размерами операционных припусков, последовательностью и содержанием операций технологического процесса и т. д.

Благодаря трудам советских ученых созданы и успешно внедряются в производство методы обработки, позволяющие управлять качеством поверхности в широких пределах. Сложные условия, в которых работают современные машины, привели к созданию большого количества таких методов и требуют зачастую их комбинированного применения.

**Шероховатость поверхностей заготовок и деталей после различных видов и методов обработки.** В табл. 7.6 приведены шероховатость поверхности и точность заготовок деталей, обрабатываемых давлением, а в табл. 7.7 — получаемых литьем.

Шероховатость поверхности после различных видов и методов обработки стали указана в табл. 7.8, а параметры волнистости — в табл. 7.9.

При обработке резанием в зависимости от материала детали и параметров технологического процесса в поверхностном слое может возникать деформационное упрочнение (табл. 7.10), а также сжимающие или растягивающие остаточные напряжения, значение которых может превышать значение предела прочности материала детали.

Для выбора шероховатости при обработке со снятием стружки весьма важным фактором оказывается твердость поверхности детали. Незначительную шероховатость для сталей можно получить при твердости поверхности не ниже 30—35 HRC<sub>2</sub>. Стальные детали, подлежащие чистовой обработке, должны быть по меньшей мере подвергнуты улучшению или нормализации. Сырые малоуглеродистые стали тонкой обработке поддаются плохо.

При одном и том же методе обработки переход к меньшей шероховатости сопровождается увеличением опорных площадей.

**Технологические методы повышения качества поверхностей.** Для придания поверхностям деталей специальных свойств могут применяться различные технологические методы, классификация которых представлена на рис. 7.13. Широкие возможности и целесообразность применения этих методов сейчас определяются не только условиями обеспечения высокой производительности, но и создания поверхностей с оптимальной несущей способностью.

Если поверхность детали подвергается действию повышенных температур, агрессивных сред, то большое значение приобретают и другие физико-химические характеристики поверхностного слоя, например его химический состав и электродный потенциал. В этом случае надо воздействовать и на эти характеристики поверхностного слоя, изменяя их в благоприятном направлении, для чего следует изменить химический состав поверхностного слоя или создать на поверхности защитные металлические или неметаллические слои.

I. Специальные методы (рис. 7.13) обеспечивают в основном оптимальную микрогеометрию поверхности. *Вибрационное обкатывание* в отличие от распространенных методов обработки поверхностей имеет две особенности: во-первых, микрорельеф создается не процессом резания, а за счет вдавливания, что существенно влияет на форму неровностей; во-вторых, рисунок микрорельефа регламентируется, т. е. процесс формирования геометрических характеристик поверхности становится управляемым по двум показателям.

При вибрационном обкатывании на поверхности деталей создается регулярная, заданной формы система канавок, позволяющая оптимизировать ряд весьма важных параметров, например площадь контакта соприкасающихся деталей (отмечено выше), маслоемкость трущихся поверхностей (см. п. 6.2).



**Т а б л и ц а 7.6. Шероховатость поверхности и точность заготовок деталей, обрабатываемых давлением**

Вид обработки	$R_a$ , мкм	Квалитеты	
		экономические	достижимые
Горячая ковка в штампах » вырубка и пробивка » объемная штамповка без калибровки	12,5—100 12,5—100 12,5—50	14—17 14—16 9—11	—
Холодная штамповка: вытяжка полых деталей простых форм (корпуса, стаканы)  то же, но глубокая вытяжка	0,8—3,2	По диаметру 10, 11   8, 9 По высоте 8—12   7 11   —	
Холодная штамповка: контурные размеры при вырубке плоских деталей то же, но при пробивке  » , но при зачистке » , но при зачистке и калибровке	Зона среза 3,2—6,3, Зона скалывания 25—100  0,8—3,2	12, 13 11 8, 9 6, 7	11 8, 9 —
Круглый холодный прокат (калиброванный): сталь латунь	0,8—3,2 0,4—1,6	—	—
Прокат труб из алюминиевых сплавов	0,8—1,6	—	—
Прокат листовой: сталь латунь	0,8—3,2 0,4—1,6	—	—
Прокат ленты: сталь латунь, бронза	0,8—1,6 0,2—0,8	—	—
Прокат после обдувки: сталь алюминиевые сплавы	3,2—6,3	—	—

**Т а б л и ц а 7.7. Шероховатость поверхности заготовок, получаемых литьем**

Вид литья	Металлы или сплавы	$R_z$ , мкм
В песчаные формы	Черные металлы	320—160
	Цветные сплавы	320—80
В кокиль	Черные металлы	320—40
	Цветные сплавы	160—20
По выплавляемым моделям	Черные металлы	80—20
	Цветные сплавы	80—10
Литье в оболочковые формы	Черные металлы	160—40
	Цветные сплавы	80—20
Под давлением	Алюминиевые сплавы	40—10
	Медные сплавы	40—10

**Т а б л и ц а 7.8. Шероховатость поверхности (мкм) после различных видов и методов обработки стали**

Вид или метод обработки	$R_a$	$R_z$	Класс шероховатости по ГОСТ 2789—73
<i>Обработка наружных цилиндрических поверхностей</i>			
Отрезка: резцом фрезой абразивная приводной пилой	80—25	320—60	1—3
	50—25	180—90	1—3
	6,3—3,2	30—15	4—5
	50—25	180—90	1—3
Подрезание торцов	12,5—3,2	50—15	3—5
Обтачивание: черновое получистовое чистовое тонкое (алмазное)	40—20	160—80	2—3
	20—5,0	80—20	3—5
	10—1,25	40—6,3	4—7
	1,25—0,32	6,3—1,6	7—9
Нарезание резьбы: плашкой резцом, фрезой вращающимися резцами накатывание роликами	10—5,0	40—20	4—5
	5,0—1,25	20—6,3	5—7
	6,0—0,8	30—4,0	4—7
	1,25—0,63	6,3—3,2	7—8

Продолжение табл. 7.8

Вид или метод обработки	$R_a$	$R_z$	Класс шероховатости по ГОСТ 2789-73
Шлифование:			
предварительное	2,5—1,25	10—6,3	6—7
чистовое	1,25—0,63	6,3—3,2	7—8
тонкое	0,63—0,16	3,2—0,8	8—10
электроалмазное	0,32—0,08	1,6—0,4	9—11
электроэрозионное	1,25—0,32	6,3—0,4	7—9
Обкатывание роликами и шариками	1,25—0,08	6,3—0,4	7—11
Алмазное выглаживание	1,25—0,04	6,3—0,2	7—12
Суперфиниширование:			
чистовое	0,16—0,08	0,8—0,4	10—11
отделочное	0,04—0,01	0,2—0,05	12—14
Притирка, доводка	0,08—0,01	0,4—0,05	11—14
Полирование пастой	0,32—0,02	1,6—0,10	9—13
<i>Обработка внутренних цилиндрических поверхностей</i>			
Сверление:			
до 15 мм	12,5—5,0	50—20	3—5
св. 15 мм	25—12,5	90—50	2—3
Рассверливание	25—6,3	90—20	2—4
Зенкерование:			
черновое (по корке)	25—12,5	90—50	2—3
чистовое	6,3—3,2	20—15	4—5
Развертывание:			
предварительное	2,5—1,25	10—6,3	6—7
окончательное	1,25—0,32	6,3—1,6	7—9
Нарезание резьбы:			
метчиками	10—5,0	40—20	4—5
резцом, гребенкой	5,0—1,25	20—6,3	5—7
фрезой	5,0—1,6	20—8	5—6
Протягивание:			
чистовое	1,25—0,63	6,3—3,2	7—8
отделочное	0,63—0,16	3,2—0,8	8—10
Растачивание:			
черновое	80—50	320—180	1
получистовое	25—12,5	90—50	2—3
чистовое	5,0—2,5	20—10	5—6
тонкое алмазное	1,25—0,32	6,3—1,6	7—9
Шлифование:			
получистовое	6,3—3,2	30—15	4—5
чистовое	1,25—0,63	6,3—3,2	7—8
тонкое	0,63—0,16	3,2—0,8	8—10
электроалмазное	0,32—0,08	1,6—0,4	9—11

Продолжение табл. 7.8

Вид или метод обработки	$R_a$	$R_z$	Класс шероховатости по ГОСТ 2789-73
Хонингование:			
чистовое	0,63—0,32	3,2—1,6	8—9
отделочное	0,16—0,01	0,8—0,10	10—13
электрохимическое	0,08—0,01	0,4—0,10	11—13
Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание	0,63—0,08	3,2—0,4	8—11
Прошивание:			
электроэрозионное	20—0,32	80—1,6	3—9
электрохимическое	0,32—0,16	1,6—0,8	9—10
ультразвуком	0,63—0,16	3,2—0,8	8—10
электронным лучом	1,25—0,16	6,3—0,8	7—10
Полирование пастой	0,63—0,08	3,2—0,4	8—11
Притирка, доводка	0,16—0,01	0,8—0,05	10—14
<i>Обработка плоских поверхностей</i>			
Строгание:			
черновое	25—12,5	90—50	2—3
чистовое	6,3—3,2	30—15	4—5
Фрезерование цилиндрической фрезой:			
черновое	50—25	170—90	1—2
чистовое	6,3—3,2	30—15	4—5
тонкое	1,6	8	6
Фрезерование торцовой фрезой:			
черновое	12,5—6,3	50—30	3—4
чистовое	6,3—3,2	30—15	4—5
тонкое	1,6—0,63	8—3,2	6—8
Протягивание	5,0—1,25	20—6,3	5—7
Шлифование:			
получистовое	3,2	15	5
чистовое	1,25—0,63	6,3—3,2	7—8
тонкое	0,63—0,16	3,2—0,8	8—10
Шабрение:			
обычное	2,5—0,63	10—3,2	6—8
тонкое	0,63—0,16	3,2—0,8	8—10
Полирование:			
пастой	0,63—0,04	3,2—0,2	8—12
электрохимическое	0,04—0,01	0,2—0,06	12—14
Притирка	3,2—0,1	15—0,5	5—10
Доводка:			
грубая	0,4	1,8	8
средняя	0,2—0,1	0,9—0,5	9—10
тонкая	0,05	0,2	12
отделочная (зеркальная)	0,025—0,01	0,10—0,025	14

Т а б л и ц а 7.9. Параметры волнистости поверхности (мкм) после различных методов обработки [60]

Метод обработки	Высота профиля	Радиус кривизны	$R_a$
Плоское шлифование:	12	$26 \cdot 10^3$	1,25—2,5
	1,25	$132 \cdot 10^3$	0,16—0,32
сталь			
чугун	9	$28 \cdot 10^3$	1,25—2,5
	1,3	$126 \cdot 10^3$	0,16—0,32
Стругание:			
сталь	12	20	5,0—10
	2	55	0,63—1,25
чугун	12	20	5,0—10
	—	—	0,63—1,25
Цилиндрическое фрезерование:	40	5	5,0—10
	7,5	45	1,25—2,5
сталь			
	30	10	5,0—10
чугун	7,5	60	1,25—2,5
Растачивание:	3,5	15	2,5—5,0
	2	55	0,32—0,63
сталь			
	10	5	2,5—5,0
чугун	1	50	0,32—0,63
Доводка плоских поверхностей	0,35	38,7	0,04—0,08
	0,1	65	0,02—0,04

Т а б л и ц а 7.10. Свойства поверхностного слоя после различных методов обработки резанием [61]

Метод обработки	Деформационное упрочнение (наклеп)	
	Степень %, %	Глубина, мм
Точение:	120—150	30—50
	140—180	20—60
Фрезерование:	140—180	40—100
	120—140	40—80
Сверление и зенкерование	160—170	180—200
	—	150—200
Развертывание	—	20—75
Протягивание	150—200	120—150
Зубофрезерование и зубодолбление	—	< 100
Шевингование зубьев	—	< 100
Шлифование круглое:	160—200	30—60
	140—160	30—60
	125—130	20—40
Шлифование плоское	150	16—35

\* Микротвердость поверхности в процентах от микротвердости сорцевания.

Для практического использования предложено несколько видов микрорельефа: с некасающимися (рис. 7.14, а), касающимися (рис. 7.14, б) и пересекающимися (рис. 7.14, в) канавками. Для повышения износостойкости, например гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, рекомендуется первый вид рельефа, для

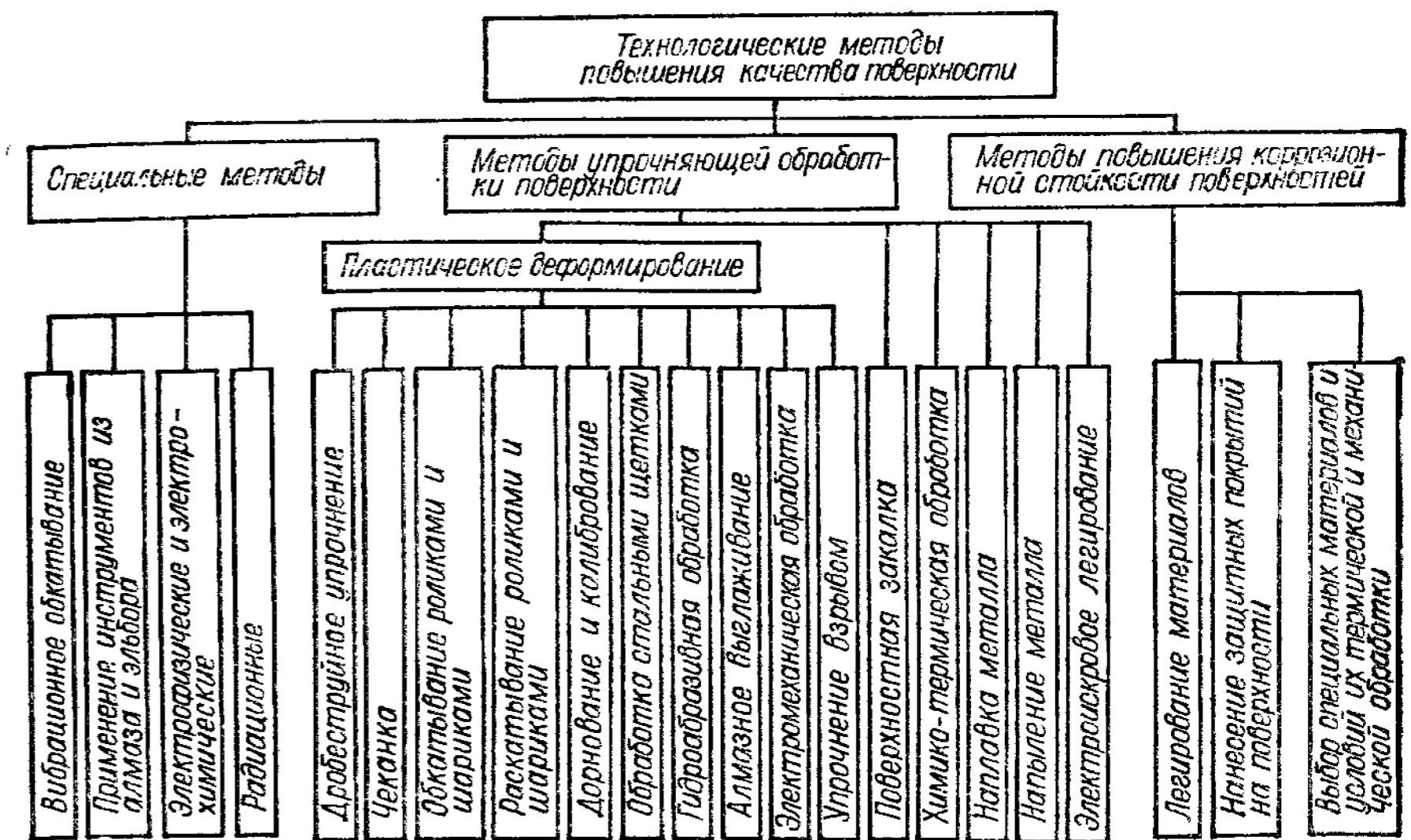


Рис. 7.13. Классификация технологических методов повышения качества поверхностей деталей машин и приборов

обеспечения плавности хода направляющих — второй, а для создания большей герметичности резино-металлических уплотнений — третий.

Применение вибрационного обкатывания позволяет резко сократить время приработки трущихся пар, их износостойчивость и контактную жесткость, существенно повысить герметичность и износостойчивость уплотнений, тем самым по-

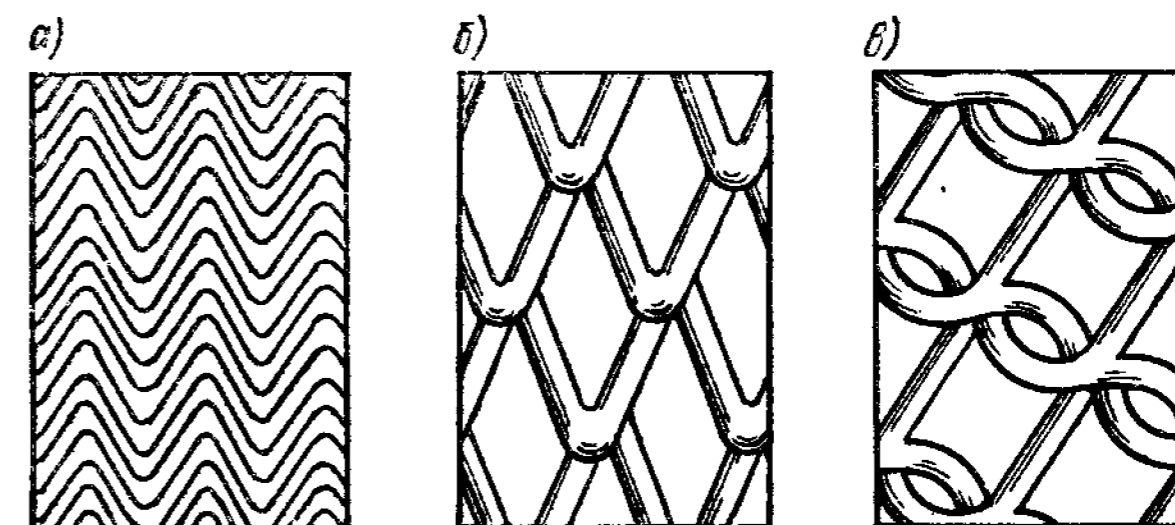


Рис. 7.14. Различные виды микрорельефа, получаемые методом вибрационного обкатывания

высить показатели надежности и срок службы машин. Так, например, виброобкатывание плоских поверхностей позволяет получить на поверхности (при соответствующем назначении режима обработки) свыше 100 пятен (волн) на площади  $25 \times 25 \text{ мм}^2$  вместо 25—30 после шабрения. В результате контактная жесткость повышается в 2—3 раза, а износостойчивость — в 4 раза.

Применение инструментов из алмазов и эльбора также позволяет создавать поверхности с оптимальной микрогеометрией. Например, замена шлифования абра-

живным инструментом на шлифование кругами из эльбора приводит к четырехкратному возрастанию контактной жесткости. Хонингование алмазными брусками позволяет в 1,5—2 раза увеличить опорную площадь и радиусы закругления вершин по сравнению с хонингованием абразивными брусками.

*Электрофизические и электрохимические методы* обработки позволяют изменить в нужном направлении физико-механические и химические свойства поверхностного слоя деталей для повышения износостойкости, твердости, коррозионной стойкости, жаростойкости и т. д. Эти процессы осуществляются практически без силового воздействия, обеспечивая минимальную шероховатость поверхности с округленными вершинами неровностей, тем самым увеличивается опорная поверхность.

II. Методы упрочняющей обработки поверхностей (см. рис. 7.13) в основном предназначаются для улучшения физико-механических свойств поверхностного слоя: повышается твердость поверхностного слоя, в нем возникают деформационное упрочнение и остаточные напряжения сжатия или растяжения. При упрочняющей обработке участков концентрации напряжений (галтелей и др.) влияние этих напряжений на прочность детали уменьшается. Влияние деформационного упрочнения и сжимающих остаточных напряжений благоприятно для повышения предела выносливости, что увеличивает долговечность деталей, особенно работающих при циклических нагрузках.

Значение остаточных напряжений, глубина и степень деформационного упрочнения, а также получаемая шероховатость поверхностного слоя зависят от материала обрабатываемой детали, выбранного метода упрочнения и его технологических параметров. Технологические показатели основных методов упрочняющей обработки поверхностей деталей машин приведены в табл. 7.11—7.14.

*Дробеструйное деформационное упрочнение*<sup>1</sup> наибольшее распространение получило для упрочнения рабочих поверхностей деталей сложной формы, в результате чего в слое создаются значительные сжимающие напряжения, повышается твердость поверхностного слоя и устраняются дефекты предшествующей механической обработки в виде рисок и надрывов, шероховатость грубообработанных (исходных) поверхностей уменьшается, а чистообработанных увеличивается. Срок службы, например, пружин повышается в 1,5—2 раза, рессор — в 10—12 раз.

Недостатком дробеструйной обработки является невозможность получения шероховатости поверхности ( $R_a$ ) на мягких материалах меньше 10—5 мкм. Она эффективна для деталей, работающих при температуре не выше 400 °С, так как более высокие температуры приводят к явлениям рекристаллизации, устраняющей эффект упрочнения.

*Чеканка* применяется для упрочнения галтелей ступенчатых валов, сварных швов, зубчатых колес и других деталей машин.

*Обкатывание роликами и шариками* (табл. 7.12) применяют для отделки и упрочнения деталей в тех случаях, когда одновременно с повышением усталостной прочности деталей нужно сохранить или уменьшить шероховатость поверхности. Обкатывание роликами после чистовой обработки лезвийным инструментом уменьшает высоту микронеровностей в 2—3 раза и увеличивает несущую поверхность. Например, после обкатывания обточенных деталей из стали 45 роликами их предел выносливости может быть повышен в 2 раза.

Создание методом обкатывания в поверхностном слое значительных и легко регулируемых остаточных напряжений сжатия приводит к увеличению предела выносливости деталей.

В качестве упрочняющей обработки отверстий применяют их раскатывание роликами или шариками или дорнование, при этом увеличивается не только прочность детали, но и точность размера отверстия (калибрование) и одновременно уменьшается шероховатость поверхности (табл. 7.13).

*Обработка стальными щетками* — эффективный метод упрочнения детали на глубину 0,04—0,06 мм. При обработке щетками средней жесткости высотные параметры исходной шероховатости уменьшаются в 2—4 раза.

*Гидроабразивная обработка* повышает эксплуатационные свойства деталей машин созданием оптимальной микрогеометрии поверхности и сжимающих остаточных напряжений в тонком поверхностном слое. Однако малая глубина наклепа и

<sup>1</sup> Старый термин — «дробеструйный наклеп».

Таблица 7.11. Технологические показатели методов упрочняющей обработки поверхностей деталей машин [65]

Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Методы обработки	Материал заготовки	Точность обработки (квалитет)	Шероховатость поверхности, мкм		Твердость обработанной поверхности	Значения остаточных напряжений в поверхностном слое, МПа	Толщина упрочненного или нанесенного слоя, мм			
				$R_a$	$R_z$			минимальная	максимальная		
Упрочнение пластическим деформированием поверхностного слоя, повышение физико-механических свойств поверхностного слоя, изменение значения и знака остаточных напряжений в поверхностном слое, улучшение микрогеометрии обработкой поверхности	Обработка дробью	Чугун, сталь, сплавы цветных металлов и сплавы на основе титана	Сохраняется от предшествующей	40—0,63	160—3,2	Увеличивается на 20—40 %	Напряжения сжатия 4—8	0,40	1,00		
	Дробеабразивная			5,0—0,32	20—1,6			0,20	0,60		
	Центробежная			Уменьшается в 2—4 раза	0,30			0,70			
	Накатывание роликами								1,25—0,04	6,3—0,2	1,00
	Вибрационное накатывание			5—9	14—16			Увеличивается на 15—60 %	Напряжения сжатия 6—8	1,00	35,00
	Накатывание шариками									0,32—0,04	1,6—0,2
	Поверхностное раскатывание			11—13	80—10			Увеличивается на 20—50 %	Напряжения сжатия 3—7	0,30	5,00
	Упрочнение чеканкой									40—5,00	160—20
	Упрочнение резанием			10—0,63	40—3,2			Увеличивается на 20—40 %	Напряжения сжатия 3—6	0,05	0,50
	Виброударная									5,0—0,32	20—1,6
	Гидровиброударная			Сохраняется от предшествующей	20—2,50			Увеличивается на 20—40 %	Напряжения сжатия 3—6	0,40—0,32	0,40—0,70
										5,0—0,32	20—1,6



Технологические показатели										
Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Методы обработки	Материал заготовки	Точность обработки (квалитет)	Шероховатость поверхности, мкм		Твердость обработанной поверхности	Значения остаточных напряжений в поверхностном слое, МПа	Толщина упрочненного или нанесенного слоя, мм		
				Ra	Rz			минимальная	максимальная	
Упрочнение пластическим деформированием поверхностного слоя, повышение физико-механических свойств поверхностного слоя, изменение значения и знака остаточных напряжений в поверхностном слое, улучшение микрогеометрии обработкой поверхности	Галтовка	Чугун, сталь, сплавы цветных металлов на основе титана	Сохраняется от прешествующей	0,63—0,08	3,2—0,4	Увеличивается на 10—15 %	Напряжения сжатию 1—2	0,05	0,10	
	Гидрогалтовка			0,63—0,08	3,2—0,4	Увеличивается на 20—40 %	Напряжения сжатию 2—4	0,10	0,30	
	Вибрационная галтовка	0,16—0,02	0,8—0,1	Увеличивается на 10—15 %	Напряжения сжатию 1—1,5	0,05	0,20			
	Ультразвуковая упрочняющая	Уменьшается в 4—16 раз	Увеличивается на 50—90 %	Напряжения сжатию 8—10	0,10	0,90				
	Гидрополирование	0,63—0,04	3,2—0,2	Увеличивается на 20—30 %	Напряжения сжатию 3—7	0,01	0,20			
	Алмазное сглаживание									

Технологические показатели									
Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Методы обработки	Материал заготовки	Точность обработки (квалитет)	Шероховатость поверхности, мкм		Твердость обработанной поверхности	Значения остаточных напряжений в поверхностном слое, МПа	Толщина упрочненного или нанесенного слоя, мм	
				Ra	Rz			минимальная	максимальная
Упрочнение поверхностной химико-термической (термодиффузионной) обработкой, изменение физико-химических свойств и структуры поверхностного слоя, изменение значения и знака остаточных напряжений в поверхностном слое	Цементация	Малоуглеродистая сталь	Коробление (поводка) 0,05—0,15 мм	Увеличивается в 2—4 раза	60—70 HRC <sub>a</sub>	Напряжения сжатию 4—10	0,50	2,00	
	Азотирование	Сталь, чугун	Коробление 0,05—0,10 мм						0,05
	Цианирование	Сталь	Коробление 0,05—0,15 мм	Микротвердость 1600—2000	0,01	2,50			
	Алиитирование	Сталь, чугун	Коробление 0,05—0,10 мм		0,05	0,50			
	Хромирование		Коробление 0,05—0,15 мм	0,02	0,30				
	Силицирование		Коробление 0,10 мм	0,02	0,03				
	Сульфидирование	Закалка с нагревом газовым пламенем	Сталь, чугун	Коробление 0,03—0,1 мм	Не изменяется		Напряжения сжатию 3—8	0,05	1,00
	Закалка с нагревом т. в. ч.				Увеличивается в 2 раза	40—70 HRC <sub>a</sub>		0,50	10,00
		Закалка с нагревом т. в. ч.	Сталь	Коробление 0,03—0,07 мм	Не изменяется		Напряжения сжатию 3—8	0,20	10,00

Технологические показатели									
Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Методы обработки	Материал заготовки	Точность обработки (квалитет)	Шероховатость поверхности, мкм		Твердость обработанной поверхности	Значения остаточных напряжений в поверхностном слое, МПа	Толщина упрочненного или нанесенного слоя, мм	
				$R_a$	$R_z$			минимальная	максимальная
Упрочнение наплавкой материалов с вытекающими эксплуатационными свойствами	Ручная газовая наплавка	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	Значительная деформация	14—16	Грубая поверхность	1960—3920 HB (200—400)	Растягивающие напряжения 1—5	0,50	≥ 20,00
	Ручная электродуговая наплавка	Сталь и сплавы цветных металлов				2450—4410 HB (250—450)		1,00	3,00—5,00
	Электродуговая биметаллизация	Сталь и сплавы цветных металлов	4900—6375 HB (500—650)	1,50	40,00				
	Механизированная наплавка под слоем флюса	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	1177—4119 HB (120—420)	2,00	≥ 40,00				
Электрошлаковая наплавка	Металлы и неметаллические материалы	0,30		15,00					
Упрочнение покрытием на рабоче-ности деталей с высокими эксплуатационными свойствами	Газовая металлизация	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	Незначительная деформация	Деформации нет	Грубая поверхность	4903—19620 HB (500—2000)	На наружных цилиндрических поверхностях возникают напряжения сжатия, а на внутренних и плоскостях — напряжения растяжения	0,30	15,00
	Электрометаллизация					1,30		15,00	
	Плазменная металлизация	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	Незначительная деформация	Деформации нет	0,30	20—30			

Технологические показатели									
Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Методы обработки	Материал заготовки	Точность обработки (квалитет)	Шероховатость поверхности, мкм		Твердость обработанной поверхности	Значения остаточных напряжений в поверхностном слое, МПа	Толщина упрочненного или нанесенного слоя, мм	
				$R_a$	$R_z$			минимальная	максимальная
Упрочнение покрытием с высокими эксплуатационными свойствами на рабочей поверхности деталей электрическим способом	Хромирование	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	Деформации нет, точность сохраняется от предыдущей обработки	2,5—0,32	10—1,6	4903—11770 HB (500—1200)	На наружных цилиндрических поверхностях возникают напряжения сжатия, а на внутренних и плоскостях — напряжения растяжения	0,01	1,00
	Твердое никелирование					20—2,50		80—10	1177—5886 HB (120—600)
	Осталивание	10—0,63	40—3,2	392—1177 HB (40—120)	0,20	5,00			
	Борирование	Сталь	—	—	—	0,001		0,012	
Упрочнение наплавкой материалов с вытекающими эксплуатационными свойствами	Наращивание тонких слоев сплавов	Сталь, чугун и сплавы цветных металлов	Деформации нет, точность сохраняется от предыдущей обработки	—	—	4903—1177 HB (40—120)	—	0,05	2,00
	Эматалирование	Сталь, чугун, цветные металлы, алюминий и его сплавы				—		—	0,01
Глубокое оксидирование	Алюминий и его сплавы	Алюминий и его сплавы	Деформации нет, точность сохраняется от предыдущей обработки	—	—	—	—	0,01	0,20—0,30

Технологические показатели									
Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Методы обработки	Материал обработки	Точность обработки (качество)	Шероховатость поверхности, мкм		Твердость обработанной поверхности	Значения остаточных напряжений в поверхностном слое, МПа	Толщина упрочненного или нанесенного слоя, мм	
				$R_a$	$R_z$			минимальная	максимальная
Упрочнение нанесением покрытия на рабочие поверхности деталей химическим способом	Никелирование, хромирование, покрытие никелем и никель-кобальтом	Чугун, цветные металлы	Деформации нет	2,5—0,08	10—0,4	—	—	0,01	0,30
								0,05	0,30
Упрочнение нанесением на рабочие поверхности деталей покрытия из неметаллических материалов	Эмалирование Лакокрасочные покрытия Покрытия пластмассами и специальными материалами	Сталь, чугун	Незначительная деформация	20—2,5	80—10	—	—	0,15	0,30
		Металлы и неметаллы	Деформации нет						

Примечания: 1. Параметры шероховатости поверхности — по ГОСТ 2789—79 (СТ СЭВ 638—77). 2. Числа твердости в МПа (кгс/мм<sup>2</sup>) по Бринеллю (НВ) — по ГОСТ 9012—59 \* (СТ СЭВ 668—77). Перевод чисел твердости в МПа из кгс/мм<sup>2</sup> дан по ГОСТ 22761—77. 3. Числа твердости по Роквеллу (HRC<sub>2</sub>) — по ГОСТ 9013—59 \* (СТ СЭВ 469—77). Перевод чисел твердости HRC в HRC<sub>2</sub> дан по ГОСТ 8.064—79.

Таблица 7.12. Точность и качество наружных цилиндрических поверхностей после обработки холодным пластическим деформированием [65]

Способ обработки	Обрабатываемые детали и их предельные размеры, мм	Точность (качество)	Шероховатость поверхности $R_{a, z}$ мкм	Деформационное упрочнение (наклеп)	
				Степень, %	Глубина, мм
Выглаживание твердосплавной пластиной	Оси, валы, гладкие ступенчатые жесткие $d > 20$ ; $l$ не ограничено	Сохраняется от предыдущей	0,63—0,16	50—60	600
Выглаживание алмазным наконечником	Оси, валы $5 < d < 50$ ; $l$ не ограничено	5—6	0,08—0,02	20—25	1 000
Обкатывание однороликовым обкатником упругого действия	Оси, валы гладкие и ступенчатые жесткие	Сохраняется от предыдущей	0,63—0,04	20—40	5 000
Обкатывание одношариковым обкатником упругого действия Обкатывание многошариковыми обкатниками упругого действия Обкатывание трехроликовыми обкатниками упругого действия	Оси, валы гладкие мало жесткие Оси, валы гладкие $d > 8$ ; $l$ не ограничено Оси, валы гладкие и ступенчатые мало жесткие $d > 20$ ; $l$ не ограничено			20—50	
Обкатывание жесткими многороликовыми обкатниками	Оси, валы гладкие и ступенчатые, радиально-уравновешенные $d > 20$ ; $l$ не ограничено	6—8	0,63—0,02		15 000
Ударная обработка шариковыми головками инерционного действия Вибрационное обкатывание одношариковым обкатником упругого действия	Оси, валы $d > 10$ ; $l$ не ограничено Оси, валы гладкие мало жесткие $d > 10$ ; $l < 50$	Сохраняется от предыдущей	0,63—0,08 20—0,02	15—30 20—50	500 5 000

Примечание. Обработка предназначена для отделки и упрочнения. Обкатывание жесткими многороликовыми обкатниками предназначено для калибрования и отделки.

Способ обработки	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры, мм	Точность (квалитет)	Шероховатость поверхности $R_a$ , мкм	Деформационное упрочнение	
					Степень, %	Глубина, мкм, не более
Прошивание выглаживающими прошивками Протягивание выглаживающими протяжками	К, О	Со сквозными отверстиями $d < 100$ ; $l < 50$ Типа втулок со сквозными отверстиями $d < 100$ ; $l$ не ограничено	7—6	0,63—0,16	40—50	5 000
		Со сквозными отверстиями $d > 20$ ; $l < 100$		0,32—0,08	20—40	
Раскатывание: одношариковыми раскатниками упругого действия многошариковыми раскатниками упругого действия	О, У	Со сквозными отверстиями $d > 20$ ; $l < 100$	Сохраняется от предшествующей	0,32—0,04	20—50	2 000
		Со сквозными отверстиями $d > 40$ ; $l$ не ограничено			20—40	
жесткими регулируемые шариковыми раскатниками	К, О	Со сквозными отверстиями $d > 20$ ; $l$ не ограничено	9—7		20—50	
роликовыми раскатниками упругого действия	О, У	Со сквозными отверстиями, среднежесткие $d > 60$ ; $l$ не ограничено	Сохраняется от предшествующей		20—40	5 000

Продолжение табл. 7.13

Способ обработки	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры, мм	Точность (квалитет)	Шероховатость поверхности $R_a$ , мкм	Деформационное упрочнение	
					Степень, %	Глубина, мкм, не более
роликовыми жесткими регулируемые раскатниками с цилиндрическими роликами	К, О	Со сквозными и глухими отверстиями $d > 6 \div 8$ ; $l < 30$	7—6 и выше	0,16—0,04	20—40	5 000
		С глухими отверстиями, жесткие $d > 20$ ; $l$ не ограничено				15 000
жесткими регулируемые роликовыми раскатниками с цилиндрическими роликами	К, О	Со сквозными отверстиями $d > 20$ ; $l$ не ограничено	9—7	0,32—0,04	20—50	5 000
жесткими регулируемые роликовыми раскатниками ударного действия					2 000	
вибрирующим раскатником упругого действия	О, У	Со сквозными отверстиями, маложесткие $d > 70$ ; $l$ не ограничено	Сохраняется от предшествующей	0,63—0,08	20—40	2 000
Ударная обработка шариковыми головками инерционного действия		С отверстиями $d > 70$ ; $l$ не ограничено			15—30	500

П р и м е ч а н и е. Здесь К — калибрование; У — упрочнение; О — отделка.



Т а б л и ц а 7.14. Качество плоских поверхностей после обработки холодным пластическим деформированием [65]

Способ обработки	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры, мм	$R_{a\bar{a}}$ мкм	Деформационное упрочнение	
				Степень, %	Глубина, мкм, не более
Обкатывание: одношариковым, однороликовым накатником упругого действия	О, У	Тела вращения с торцовыми поверхностями; $d$ не ограничено	0,32—0,02	20—40	5000
многшариковым накатником жестким и упругого действия	К, О, У	Типа плит и плит; габаритные размеры неограничены			
многороликовыми накатниками вдавливанием	К, О, У	С кольцевыми торцовыми поверхностями $d < 3000$	0,16—0,02		
шаром на поперечно-строгальном станке; роликом на продольно-строгальном станке	О, У	С плоскими поверхностями большой длины	0,32—0,04		5000
Одновременное торцовое фрезерование и обкатывание шаром	К, О, У	С плоскими поверхностями; размеры не ограничены	1,25—0,16		1000
Виброобкатывание торцовых поверхностей	О, У	Диски, подпятники; $d$ и $l$ не ограничены	0,63—0,08	20—50	2000

Примечания: 1. Точность размеров сохраняется от предшествующей обработки. 2. Обозначения см. в примечании к табл. 7.13.

трудности определения толщины удаляемого при гидроабразивной обработке слоя являются недостатками метода при массовом производстве.

*Выглаживание алмазным инструментом* применяют для обработки сталей, цветных металлов и сплавов. Важным преимуществом выглаживания алмазным инструментом является более благоприятная форма микрорельефа. Так, опорная поверхность при той же шероховатости увеличивается в 2—4 раза по сравнению с опорной поверхностью, полученной при операциях шлифования, полирования, суперфиниширования и притирки. Другим преимуществом является отсутствие зон вторичной закалки и вторичного отпуска, что характерно для обработки абразивным инструментом закаленной стали, так как алмаз обладает низким коэффициентом трения и высоким коэффициентом теплопроводности.

*Электрохимическая обработка (ЭМО)* основана на сочетании термического и силового воздействия на поверхностный слой детали и применяется для обработки стали и чугуна.

Электрохимическая обработка обеспечивает создание поверхностей с опорной площадью, превышающей эту площадь после абразивного шлифования в 1,5—2 раза, при увеличении контактной жесткости в 2—6 раз. Твердость отдельных марок сталей повышается в 4,5 раза по сравнению с исходной при глубине ее распространения до 0,2—0,3 мм. Износостойкость нормализованных сталей после ЭМО повышается в 4—10 раз по сравнению с износостойкостью после полирования или шлифования [11].

ЭМО — эффективный способ обработки поверхностей чугунных деталей, при котором достигается  $R_a = 0,63 \div 0,16$  мкм, а глубина упрочненного слоя 0,8 мм при повышении микротвердости в 1,5—2 раза.

*Упрочнение взрывом* приводит к увеличению твердости поверхности и как следствие к повышению износостойкости при истирании, к созданию поверхностного слоя со сжимающими остаточными напряжениями, вызывает повышение предела выносливости, а возможность получения сквозного наклепа приводит к увеличению пределов прочности и текучести, росту статической прочности сварных соединений. Например, упрочнение взрывом пустотелых валов, сварных соединений, замков рабочих лопаток турбин и других деталей, изготовленных из сталей, алюминиевых и жаропрочных никелевых сплавов, дало положительные результаты.

*Поверхностная закалка* применяется для упрочнения деталей из среднеуглеродистых и легированных сталей и чугунов. Глубину закалки назначают не менее 1,5—2 мм. Нагрев может быть осуществлен газовой горелкой, токами высокой частоты (индукционная закалка) или в электролитах. Наибольшее распространение получила закалка с нагревом токами высокой частоты (т. в. ч.), так как она позволяет получить равномерную глубину закаленной зоны и хорошо поддается автоматизации.

Вследствие быстрого охлаждения после нагрева в поверхностном слое образуется мартенсит. В результате этого создаются сжимающие остаточные напряжения и резко увеличивается твердость поверхности, а сердцевина детали остается мягкой и пластичной. Такое сочетание свойств сердцевины и поверхностного слоя резко увеличивает выносливость (на 40—100 %) деталей, снижает чувствительность к надрезу, повышает износостойкость деталей за счет высокой твердости и отсутствия обезуглероживания поверхности.

*Химико-термическая обработка* (см. табл. 7.11) состоит из насыщения поверхностного слоя детали различными химическими элементами и его термической обработки. При данной обработке изменяется не только строение (структура), но и химический состав поверхностного слоя, что позволяет более эффективно управлять качеством поверхности, тем самым изменяя эксплуатационные свойства деталей. В зависимости от того, каким химическим элементом производится насыщение, поверхностный слой детали приобретает различные свойства: высокую твердость, химическую стойкость и др. Важным обстоятельством является возникновение в нем после химико-термической обработки остаточных напряжений сжатия.

*Цементация* — насыщение поверхностного слоя углеродом — наиболее распространенный вид обработки для деталей из малоуглеродистых сталей, содержащих до 0,3 % углерода. Цементация применяется при изготовлении шестерен, поршневых пальцев, коленчатых валов, болтов и многих других деталей.

*Азотирование* — насыщение поверхностного слоя деталей азотом с целью повышения твердости, износостойкости, предела выносливости и коррозионной стойкости. Износостойкость азотированных деталей значительно выше износостойкости

цементированных. Азотирование применяется для упрочнения гильз цилиндров, шестерен, коленчатых валов, деталей, работающих в агрессивных средах.

**Цианирование и нитроцементация** — одновременное насыщение поверхности азотом и углеродом. Нитроцементация имеет ряд преимуществ перед цементацией: более высокая износостойкость и выше предел выносливости деталей.

**Борирование** — насыщение поверхности бором, применяется с целью увеличения износостойкости и повышения твердости поверхности, которая у борированных деталей не снижается до температуры 900—950 °С. Такое сочетание свойств позволяет, например, увеличить долговечность штампов.

**Силицирование** — насыщение поверхности кремнием, повышает коррозионную стойкость деталей, не повышая предел их выносливости. Силицированный слой механически не обрабатывается из-за его высокой хрупкости.

**Сульфидирование и сульфоцианирование** — процессы насыщения поверхностного слоя серой и одновременно серой, углеродом и азотом (сульфоцианирование), применяются для повышения износостойкости трущихся поверхностей в 1,5—5 раз, увеличивая противозадирные свойства и сопротивление металлов схватыванию. Применяются для обработки валиков, втулок, гаек, поршневых колец и некоторых режущих инструментов — метчиков, долбяков и др.

Для поверхностного упрочнения деталей применяются также различные виды **диффузионной металлизации**: алитирование, хромирование, хромоалитирование и др.

В последние годы развиваются, как было отмечено выше, методы комплексного **термодиффузионного насыщения** поверхностей деталей одновременно несколькими элементами: бороалитирование, боросилицирование, хромоалитирование и др. Последнее, например, повысило надежность и в несколько раз увеличило долговечность деталей турбин реактивных двигателей за счет повышения жаростойкости и эрозийной стойкости.

**Наплавка и напыление металлов** с заданными свойствами применяются с целью повышения твердости (см. табл. 7.11), износоустойчивости, коррозионной стойкости обычных конструктивных материалов. При наплавке в поверхностном слое создаются, как правило, растягивающие остаточные напряжения и предел выносливости деталей может быть снижен.

**Электроискровое легирование** — процесс перенесения материала на обрабатываемую поверхность искровым электрическим разрядом. С момента появления этот способ привлек внимание технологов в связи со следующими специфическими особенностями:

материал анода (легирующий материал) может образовывать на поверхности катода (легируемая поверхность) чрезвычайно прочно сцепленный с поверхностью слой покрытия; в этом случае не только отсутствует граница раздела между нанесенным материалом и металлом основы, но происходит даже диффузия элементов анода в катод;

процесс легирования может происходить так, что материал анода не образует покрытия на поверхности катода, а диффузионно обогащает эту поверхность своими составными элементами;

легирование можно осуществлять в строго указанных местах (радиусом от долей миллиметра и более), не защищая при этом остальную поверхность детали;

технология электроискрового легирования металлических поверхностей очень проста, а необходимая аппаратура малогабаритна и транспортабельна;

при электроискровом легировании почти полностью отсутствует термическое влияние на слой основного металла, расположенные непосредственно под легированным слоем.

Таким образом, электроискровое легирование позволяет изменять в заданном направлении физико-химические и геометрические характеристики поверхностного слоя для придания ему необходимых свойств: повышения износостойкости, повышения или понижения твердости, повышения усталостной прочности, уменьшения склонности к схватыванию поверхностей при трении, повышение коррозионной стойкости, жаростойкости, электропроводности и эмиссионных свойств.

III. Технологические методы повышения коррозионной стойкости поверхностей могут быть классифицированы (см. рис. 7.13) по трем направлениям.

1. Легирование материалов — добавление в сплавы специальных элементов, благодаря чему получают коррозионно-стойкие материалы. Так, легирование стали хромом (около 13 %) резко повышает ее электрохимический потенциал, на поверх-

ности образуется тонкая защитная пленка окислов. В результате этого стали в зависимости от состава становятся кислотоупорными, коррозионно-стойкими, жаростойкими (1X13, X18H10 и др.). Высокую стойкость против газовой коррозии стали и некоторым сплавам придают хром, алюминий и кремний.

2. Выбор специальных сплавов и условий их термической и механической обработки, при которых не требуется дополнительной защиты от коррозии. Например, специальным режимом обработки резанием на поверхности стальной детали (сталь 30ХГСА) можно создать структуру «мартенсит особого рода», обладающего высокой коррозионной стойкостью, при этом одновременно повышается усталостная прочность и износостойкость.

3. Нанесение на поверхности различных покрытий (металлических и неметаллических) является наиболее распространенным направлением и включает большую группу методов защиты поверхностей от воздействия коррозионной среды (рис. 7.15).

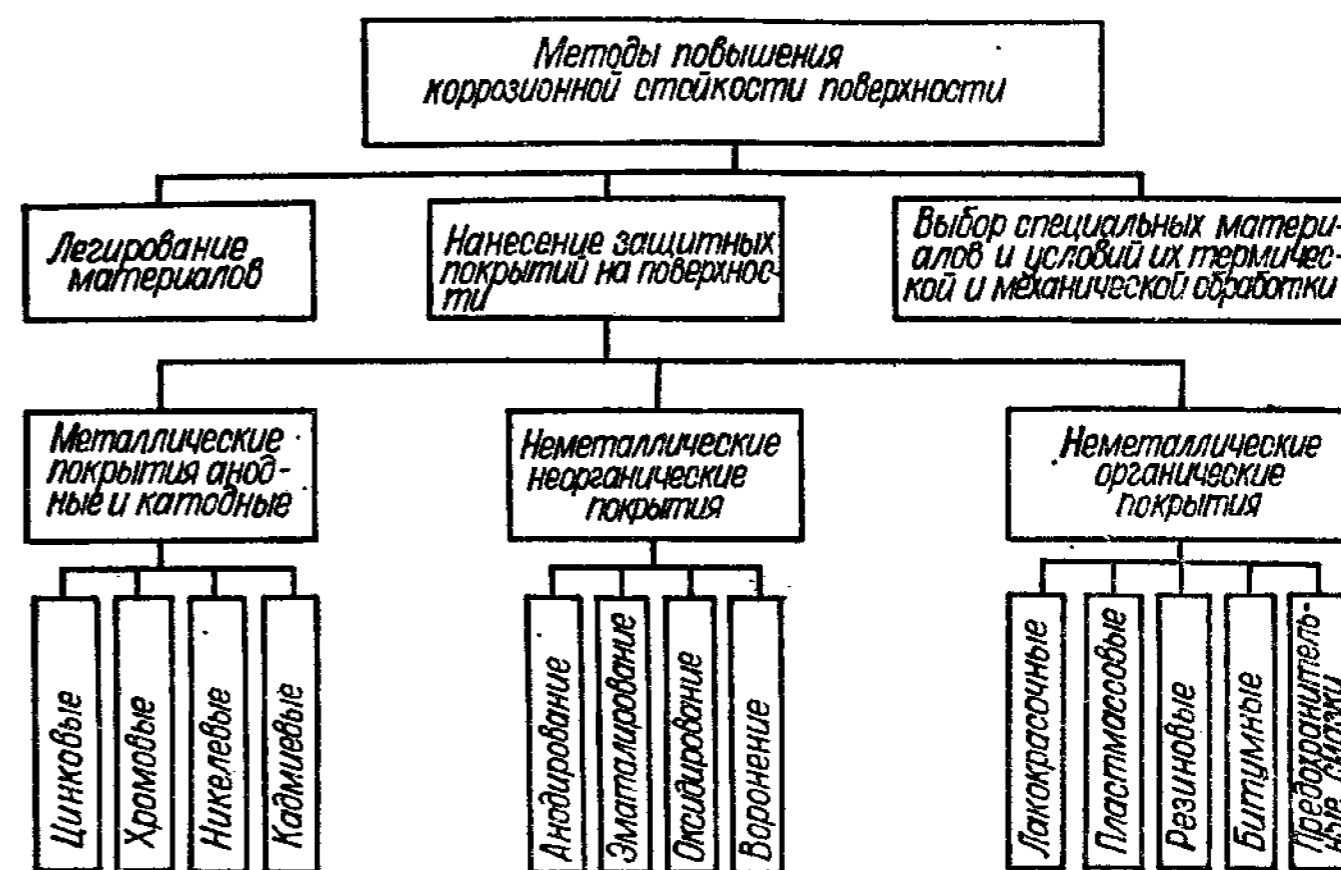


Рис. 7.15. Классификация технологических методов повышения коррозионной стойкости поверхностей деталей

Таким образом, как в области теоретической оценки качества изделий и его связи с эксплуатационными характеристиками, так и в области технологического обеспечения этих показателей в нашей стране уже получены определенные результаты.

Вышеизложенное и приведенные примеры обеспечения качества поверхности и управления им показывают большие и далеко еще не использованные возможности прогрессивных технологических методов.

Для ответственных деталей конструктор должен указывать помимо одного или нескольких из шести параметров шероховатости и направлений неровностей поверхности дополнительные требования по методу ее окончательной обработки.

Разрешая, например, операцию шлифования или требуя применения методов упрочняющей технологии, конструктор тем самым, не нормируя количественно физических характеристик поверхности, предусматривает в первом случае возможность образования дефектного слоя, сопровождающего процесс шлифования, или предусматривает во втором случае упрочнение поверхностного слоя с образованием в нем наклепа и остаточных напряжений.

Совершенствование методов оценки эксплуатационной технологичности изделий, широкое внедрение в практику технологического управления качеством изготовления должно способствовать созданию надежных машин и приборов и оптимизации производственных и эксплуатационных затрат.

## Глава 8. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 8.1. Общие сведения по резьбам

Резьбы нашли широкое применение в деталях машин и приборов в качестве присоединительных элементов для обеспечения разъемных соединений. Классификация резьб приведена на рис. 8.1.

Резьбы, применяемые для неподвижных соединений, называют крепежными. К этим резьбам предъявляются требования по прочности, а в некоторых случаях и по герметичности (непроницаемости). Резьбы, применяемые в подвижных соединениях для передач заданного перемещения одной детали относительно другой, называют кинематическими (ходовыми). Эти резьбы также должны удовлетворять прочностным

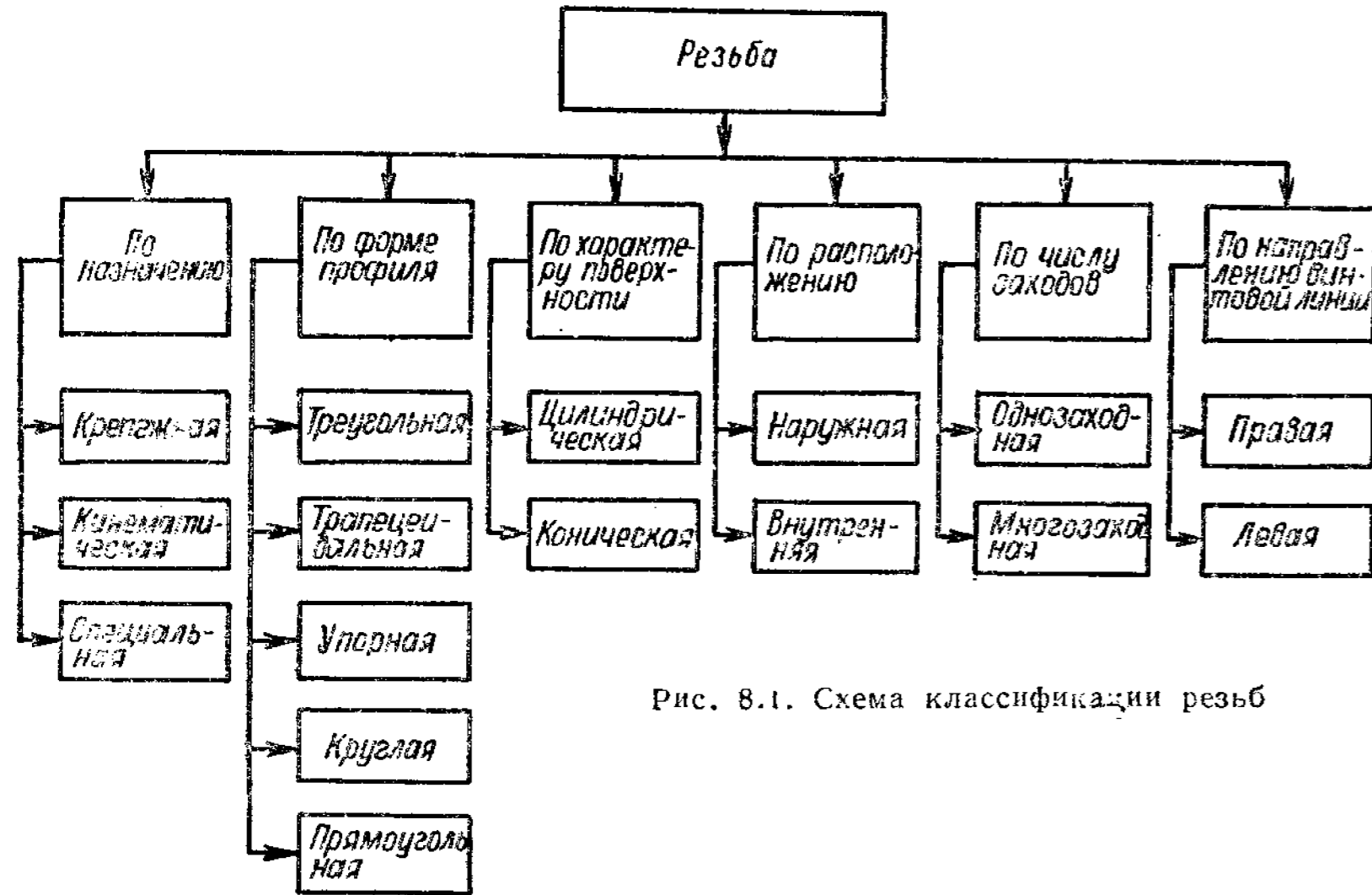


Рис. 8.1. Схема классификации резьб

требованиям и, кроме того, обеспечивать необходимую точность перемещений, минимальные потери на трение и т. п. Во всех случаях резьбы должны удовлетворять требованиям собираемости, т. е. свинчиваться свободно или с применением нормированных крутящих моментов.

В СССР применяют следующие типы резьб. *Метрическая резьба* — угол ее треугольного профиля  $\alpha = 60^\circ$ . Метрические резьбы бывают с крупным и мелким шагом. *Трубная цилиндрическая резьба* — угол ее профиля  $55^\circ$ . *Коническая резьба* бывает двух типов: с углом профиля  $55^\circ$  (трубная коническая) и  $60^\circ$  (дюймовая коническая). *Трапецидальная резьба* имеет профиль равнобокой трапеции с углом  $\alpha = 30^\circ$ . *Упорная резьба* имеет профиль неравнобокой трапеции с углом рабочей стороны  $3^\circ$  и нерабочей  $30^\circ$ . *Прямоугольная и квадратная резьбы* не стандартизованы. Кроме того, применяются резьбы специального назначения.

Комплекс требований к резьбам обеспечивается взаимозаменяемостью резьб, осуществляемой на базе стандартизации профиля, диаметров и шагов, допусков и посадок резьб.

### 8.2. Допуски и посадки резьб

В СССР с января 1974 г. был введен ГОСТ 16093—70 «Резьба метрическая для диаметров от 1 до 600 мм. Допуски», целью разработки и внедрения которого впервые являлось приведение допусков метрических резьб в соответствии с рекомендациями ИСО и рекомендациями СЭВ.

Начиная с 1978 г. была введена группа стандартов СЭВ, которые затем вошли в соответствующие ГОСТы на резьбы.

Переход на допуски резьб по ИСО помимо международной унификации позволяет получить и ряд других преимуществ: 1) более широкое внедрение резьб с зазорами, которые облегчают сборку соединений и обеспечивают нанесение защитного антикоррозионного покрытия; 2) расширение допусков среднего диаметра для гаек в среднем и точном классах; 3) расширение допусков внутреннего диаметра гаек и наружного диаметра болтов; 4) более четкие правила учета и обозначения длин свинчивания при назначении допусков; 5) нормирование профиля впадины болта, обеспечивающее повышение усталостной прочности резьбы.

К резьбовым соединениям применимы общие термины «посадка», «зазор» и «натяг», установленные для гладких соединений (см. гл. 3). При необходимости эти термины могут быть отдельно применены для характеристики соединения по боковым сторонам резьбы (среднему диаметру резьбы), вершинам и впадинам резьбы (наружному и внутреннему диаметрам). Однако решающим для резьбового соединения в целом является характер соединения по боковым сторонам резьбы. В связи с этим для посадок резьбовых соединений даны специальные определения терминов.

В зависимости от значения допуска стандартизируются различные степени точности, обозначаемые числами (порядковыми номерами). При переходе от одной степени точности к другой, порядковый номер которой больше предыдущей на 1, допуск возрастает на 25 %.

Для сравнительной характеристики точности изготовления резьб поля допусков в стандартах группируются в классах точности «точный», «средний», «грубый», «очень грубый». Для отдельных типов резьб могут быть установлены лишь некоторые из перечисленных классов. Разделение по классам точности производят в зависимости от допуска резьбы (степени точности) и длины свинчивания. Это разделение носит условный вспомогательный характер.

В конструкторской документации указывают не классы точности, а поля допусков резьбы.

### 8.3. Резьба метрическая цилиндрическая для диаметров от 1 до 600 мм

Во всех отраслях машино- и приборостроения наиболее широко используются цилиндрические метрические резьбы диаметрами от 1 до 600 мм.

**Профиль.** ГОСТ 9150—81 [72] устанавливает единый номинальный профиль для цилиндрических метрических резьб диаметром до 600 мм, включая резьбы диаметром менее 1 мм, для приборостроения и на пластмассовых деталях. Номинальный профиль резьбы и его элементы приведены на рис. 8.2. Формы впадин резьбы болта и гайки стандарт не регламентирует. Впадина наружной резьбы может быть закругленной и плоскосрезанной, причем закругленная форма предпочтительна.

**Диаметры и шаги.** ГОСТ 8724—81 [71] распространяется на метрические резьбы общего назначения с профилем по стандарту [72] и устанавливает диаметры в диапазоне от 0,25 до 600 мм и шаги от 0,075 до 6 мм.

Треугольные метрические резьбы подразделяют на резьбу с крупным шагом (для диаметров от 0,25 до 68 мм) и с мелким шагом (для диаметров от 1 до 600 мм). У резьбы с крупным шагом определенному наружному диаметру соответствует определенный шаг. У резьбы с мелким шагом одному и тому же наружному диаметру могут соответствовать различные шаги. Стандарт подразделяет все диаметры резьбы на три ряда. Диаметры и шаги для диапазона размеров от 70 до 600 мм приведены в табл. 8.1.

**Основные размеры.** ГОСТ 24705—81 [78] распространяется на метрические резьбы общего назначения с профилем по стандарту [72], диаметрами и шагом по стандарту [71].

**Допуски и предельные отклонения резьб для посадок скользящих и с зазором.** ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77) устанавливает допуски и посадки на метрическую резьбу с профилем по ГОСТ 9150—81, диаметрами от 1 до 600 мм по ГОСТ 8724—81 и ГОСТ 16967—81, основными размерами по ГОСТ 24705—81 и ГОСТ 24706—81.

Допуски диаметров резьбы устанавливаются по степеням точности, обозначаемым цифрами. Степени точности (ряды допусков) диаметров резьбы приведены в табл. 8.2. Допуски диаметров  $d_1$  и  $D$  не устанавливаются. Допуски среднего диаметра резьбы являются суммарными.



Установлены ряды основных отклонений верхних еs для наружной резьбы (болтов) и нижних EI для внутренней резьбы (гаек), которые определяют расположение полей допусков диаметров резьбы относительно номинального профиля, которые приведены на рис. 8.3 и в табл. 8.3.

Значения допусков диаметров зависят от степени точности (см. табл. 8.2) и шага резьбы (допуск среднего диаметра зависит еще и от номинального диаметра резьбы). Стандартом [77] регламентированы допуски среднего диаметра  $T_{d_2}$ ,  $T_{D_2}$ , наружной и внутренней резьб, наружного диаметра  $T_d$  наружной резьбы и внутреннего диаметра  $T_{D_1}$  внутренней резьбы (рис. 8.3).

Допуски средних диаметров являются суммарными, включающими отклонения собственно среднего диаметра и диаметральные компенсации отклонений шага и половины угла профиля.

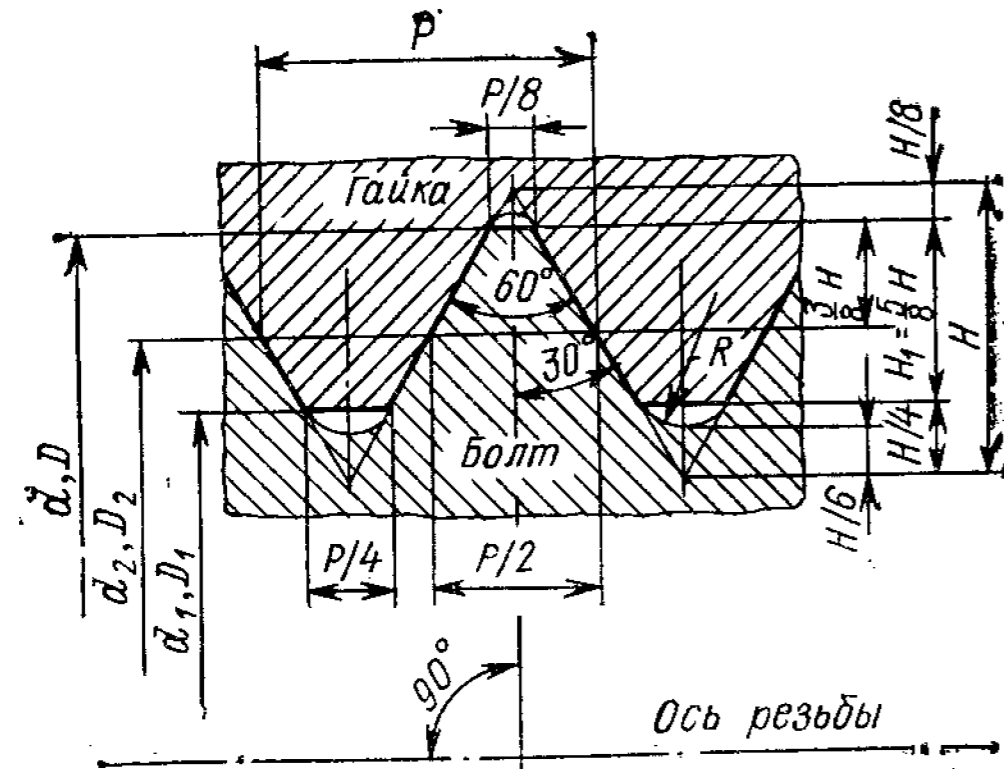


Рис. 8.2. Профиль метрической резьбы

Длины свинчивания делятся на три группы: короткие  $S$ , нормальные  $N$  и длинные  $L$  (табл. 8.4). Если не имеется особых оговорок, то допуск резьбы относится к длине, равной наибольшей нормальной длине свинчивания, указанной в табл. 8.4, или ко всей длине резьбы, если она меньше наибольшей нормальной длины свинчивания. Если длина свинчивания относится к группе  $S$  (при условии, что она меньше, чем вся длина резьбы) или к группе  $L$ , то такая длина свинчивания должна быть оговорена в технических требованиях или указана (мм) в обозначениях резьбы.

Поле допуска резьбы образуется сочетанием поля допуска среднего диаметра с полем допуска диаметра выступов (диаметра  $d$  для болтов и диаметра  $D_1$  для гаек). В свою очередь, поле допуска диаметра резьбы образуется сочетанием допуска с основным отклонением.

Поля допусков по ГОСТ 16093—81 [77], установленные в классах точности 1 «точный», «средний», «грубый» и в зависимости от группы длины свинчивания, приведены в табл. 8.5. Поля допусков, образованные сочетаниями степеней точности и основных отклонений, не предусмотренными табл. 8.5 с примечанием 4 к ней, являются специальными. Их применение допускается только в технически и экономически обоснованных случаях.

В посадках допускаются любые сочетания полей допусков наружной и внутренней резьб по ГОСТ 16093—81, но рекомендуются сочетания полей допусков одного класса точности. В рекомендации ИСО Р965 имеются следующие указания о выборе класса точности: класс «точный» — для прецизионных резьб, когда необходимо минимальное колебание характера посадки; класс «средний» — для общего применения.

<sup>1</sup> Понятие о классах точности условное (на чертежах указываются не классы, а поля допусков), оно используется для сравнительной оценки точности резьбовых деталей с различными полями допусков.

Таблица 8.1. Диаметры и шаги метрической резьбы по ГОСТ 8724—81 (СТ СЭВ 181—75) мм

Номинальный диаметр резьбы $d$ для ряда			Шаг резьбы $P$ (мелкий)
1	2	3	
72; 80		70	(6); (4); (3); 2; 1,5
		75	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
	76		(4); (3); 2; 1,5
		(78); (82)	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
90; 100; 110; 125; 140	85; 95; 105; 115; 120; 130; 150	135; 145	2
160; 180; 200	170; 190		6; 4; 3; 2; 1,5
220; 250; 280	210; 240; 260; 300	155; 165; 175; 185; 195	6; 4; 3; 2
		205; 215; 225; 230; 235; 245; 255; 265; 270;	6; 4; ?
		275; 285; 290; 295	
320; 360; 400	340; 380	310; 330; 350; 370; 390	6; 4
450; 500; 550; 600	420; 480; 520; 580	430; 440; 460; 470; 490; 510; 530; 540; 560; 570; 590	6

Примечания: 1. Крупные шаги для диаметров, приведенных в табл. 8.1, не предусмотрены. 2. В скобках указаны не рекомендуемые значения.

Таблица 8.2. Степени точности диаметров резьбы по ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77)

Вид резьбы	Обозначение диаметра	Степень точности							
		3	4	5	6	7	8	9	10*
Наружная	$d$	—	4	—	6	—	8	—	—
	$d_2$	3	4	5	6	7	8	9	10*
Внутренняя	$D_2$	—	4	5	6	7	8	9*	—
	$D_1$	—	4	5	6	7	8	—	—

\* Только для резьб на деталях из пластмасс.

Таблица 8.3. Основные отклонения метрических резьб с зазорами по ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77)

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Основное отклонение	Вид резьбы	Диаметр резьбы	Основное отклонение
Наружная	$d$ $d_2$	d, e, f, g d, e, f, g, h	Внутренняя	$D_2$ $D_1$	E, F, G, H E, F, G, H

Примечания: 1. Верхнее отклонение диаметра  $d_1$  должно соответствовать основному отклонению диаметра  $d_2$ . 2. Нижнее отклонение диаметра  $D$  должно соответствовать основному отклонению диаметра  $D_2$ . 3. Основные отклонения E и F установлены только для специального применения при значительных толщинах слоя защитного покрытия.



Таблица 8.4. Длина свинчивания по ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77)  
мм

Номи- нальный диаметр $d$	Шаг резь- бы $P$	Группа длины свинчивания				Номи- нальный диа- метр $d$	Шаг резь- бы $P$	Группа длины свинчивания								
		S		N				S		N		L				
		до	св.	до	св.			до	св.	до	св.					
1,4	2,8	0,2	0,5	0,5	1,5	22,4	45	0,5	2,1	2,1	6,3	6,3				
		0,25	0,6	0,6	1,9			0,75	3,1	3,1	9,5	9,5				
		0,35	0,8	0,8	2,6			1	4	4	12	12				
		0,4	1	1	3			1,5	6,3	6,3	19	19				
		0,45	1,3	1,3	3,8			2	8,5	8,5	25	25				
2,8	5,6	0,25	0,7	0,7	2,1	45	90	0,5	2,4	2,4	7,1	7,1				
		0,35	1	1	3			0,75	3,6	3,6	11,2	11,2				
		0,5	1,5	1,5	4,5			1	4,8	4,8	14	14				
		0,6	1,7	1,7	5			1,5	7,5	7,5	22	22				
		0,7	2	2	6			2	9,5	9,5	28	28				
		0,75	2,2	2,2	6,7			3	15	15	45	45				
		0,8	2,5	2,5	7,5			4	19	19	56	56				
								5	24	24	71	71				
5,6	11,2	0,25	0,8	0,8	2,4	90	180	0,75	4,2	4,2	12	12				
		0,35	1,1	1,1	3,4			1	5,6	5,6	16	16				
		0,5	1,6	1,6	4,7			1,5	8,3	8,3	25	25				
		0,75	2,4	2,4	7,1			2	12	12	36	36				
		1	3	3	9			3	18	18	53	53				
		1,25	4	4	12			4	24	24	71	71				
		1,5	5	5	15			5,5	28	28	85	85				
								6	32	32	95	95				
		11,2	22,4	0,35	1,3			1,3	3,8	90	180	0,75	4,2	4,2	12	12
				0,5	1,8			1,8	5,5			1	5,6	5,6	16	16
0,75	2,8			2,8	8,3	1,5	8,3	8,3	25			25				
1	3,8			3,8	11	2	12	12	36			36				
1,25	4,5			4,5	13	3	18	18	53			53				
1,5	5,6			5,6	16	4	24	24	71			71				
1,75	6			6	18	5	28	28	85			85				
2	8			8	24	6	36	36	106			106				
2,5	10			10	30											

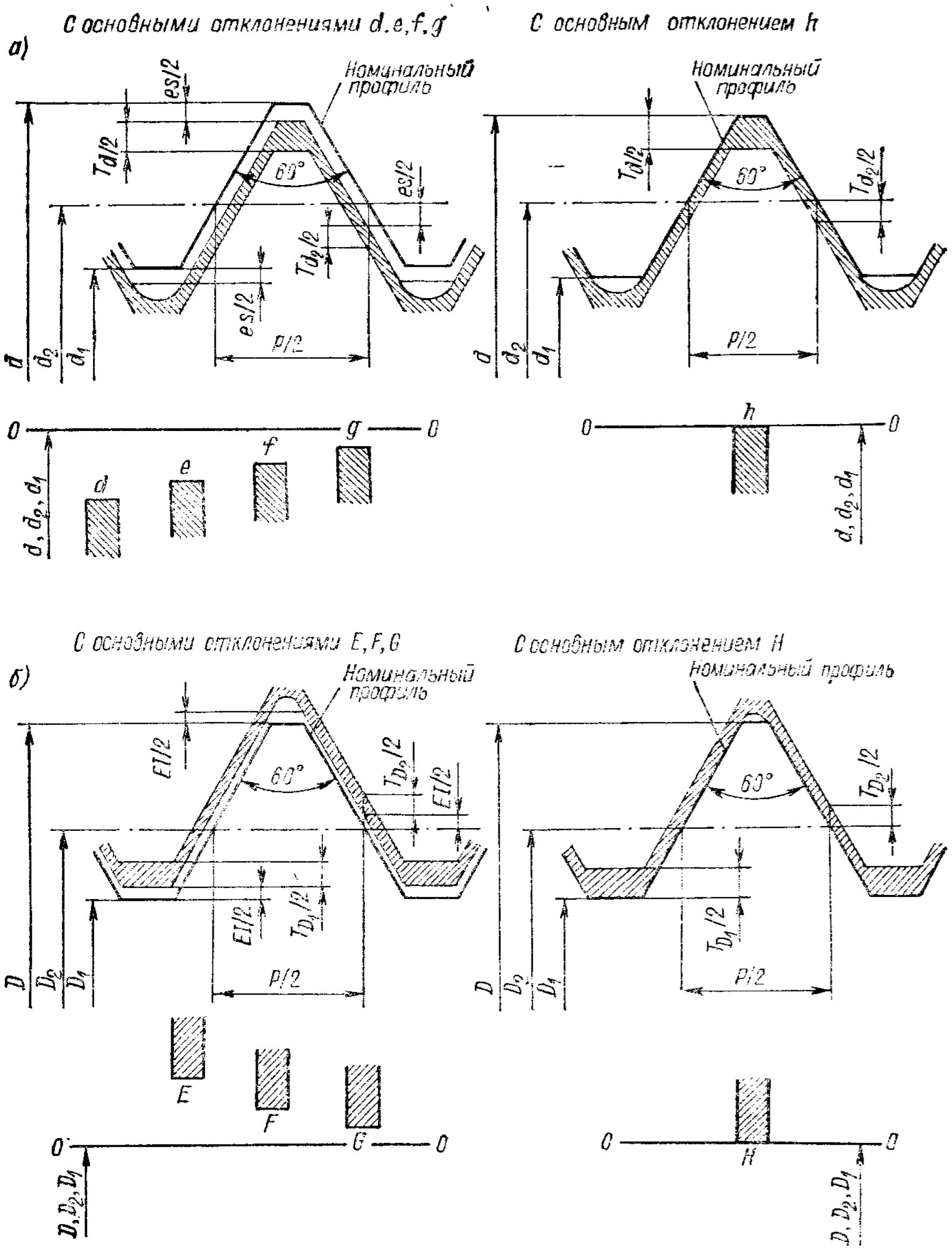


Рис. 8.3. Расположение полей допусков наружной (а) и внутренней (б) метрической резьбы в посадках с зазором

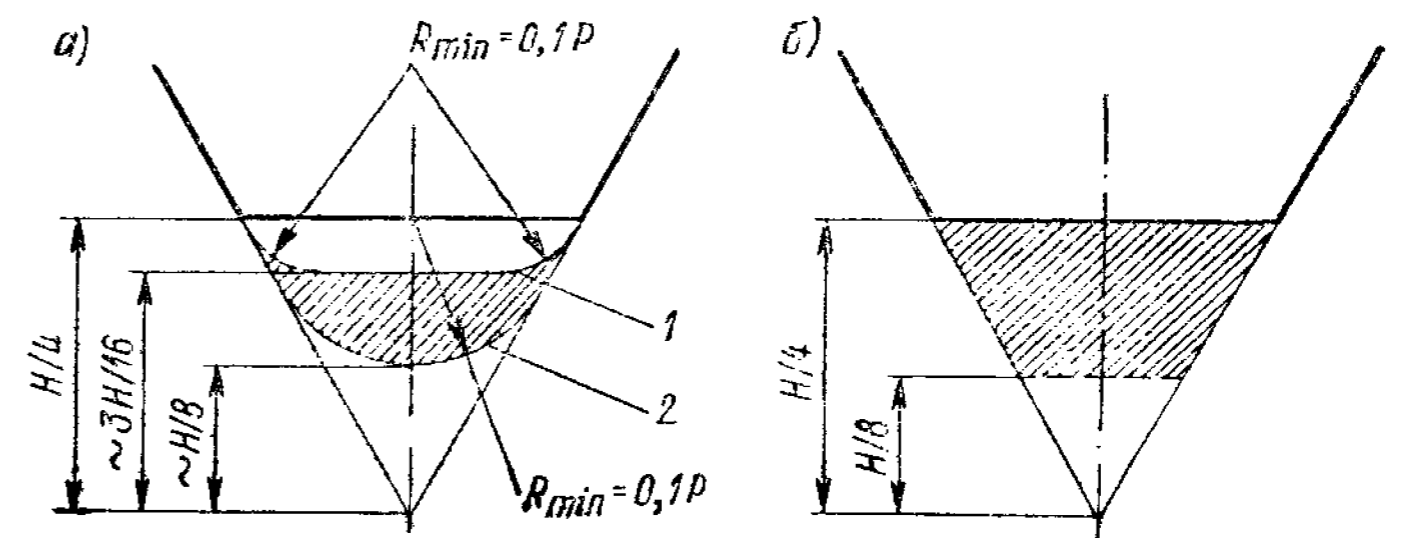


Рис. 8.4. Формы впадины наружной резьбы: а — закругленная; б — плоскосрезанная  
1, 2 — верхний и нижний предельные профили

Таблица 8.5. Поля допусков для посадок с зазором по ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77)

Класс точности	Длина свинчивания	Поля допусков резьбы	
		наружной	внутренней
Точный	S	(3h4h)	4H
	N	$\boxed{4g}$ , 4h	4H5H, 5H
	L	(5h4h)	6H
Средний	S	5g6g, 5h6h	(5G), 5H
	N	6d, 6e, 6f, $\boxed{6g}$ , 6h	6G, $\boxed{6H}$
	L	(7e6e), 7g6g, (7h6h)	(7G), 7H
Грубый	N	8g, (8h) *	7G, 7H
	L	(9g8g)	(8G), 8H

Примечания: 1.  $\boxed{\phantom{x}}$  — предпочтительные поля допусков. 2. Применение полей допусков, заключенных в скобки, следует по возможности ограничить. 3. При длинах свинчивания S и L допускается применять поля допусков, установленные для длин свинчивания N. 4. В обоснованных случаях допускаются иные сочетания полей допусков среднего диаметра и диаметров выступов резьбы из числа приведенных в табл. 8.5. Например: для наружной резьбы — 4h6h, 8h6h; для внутренней резьбы — 5H6H.

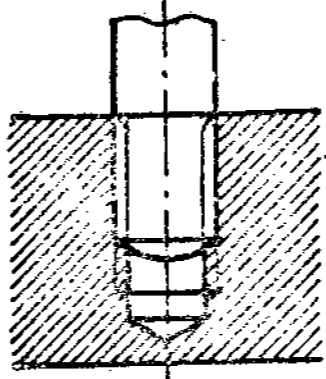
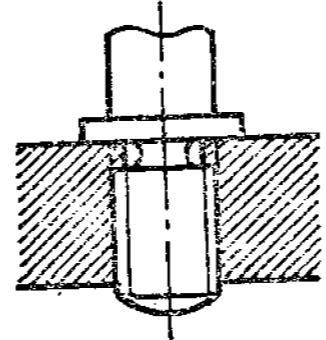
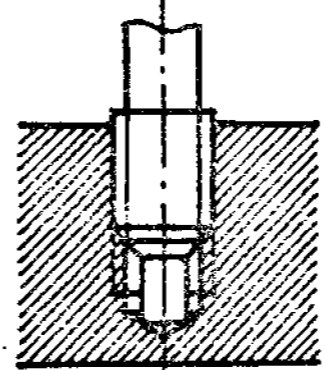
\* Для резьбы с шагом  $P < 0,8$  мм вместо поля допуска 8h применяется поле допуска 8h6h.

класс «грубый» — для случаев, когда могут возникнуть производственные затруднения, например для резьбы на горячекатаных прутках или в длинных глухих отверстиях.

Предельные отклонения наружной и внутренней резьб, соответствующие полям допусков, приведенным в табл. 8.5, приведены в ГОСТ 16093—81. Предельные отклонения резьбы до нанесения защитного покрытия должны соответствовать полям допусков, установленным в табл. 8.5, если применяемые толщины покрытий не требуют больших значений основных отклонений. Если не сделано других оговорок, то размеры деталей после нанесения покрытия не должны выходить за пределы, определяемые номинальным профилем резьбы и соответствующие основным отклонениям h и H.

Допуски и предельные отклонения резьб для посадок переходных и с натягом. ГОСТ 24834—81 (на переходные посадки) и ГОСТ 4608—81 (на посадки с натягом) распространяются на метрические резьбы в неподвижных резьбовых соединениях в основном в соединениях шпилек с корпусами. Неподвижность и прочность соединения обеспечиваются при посадках с натягом за счет натяга по среднему диаметру, при переходных посадках — за счет применения дополнительных элементов заклинивания: конического сбега, плоского бурта или цилиндрической цапфы (табл. 8.6). Посадки по упомянутым стандартам [68, 82] предназначены для наружных резьб деталей из стали и внутренних резьб в деталях из стали, чугуна, алюминиевых и

Таблица 8.6. Элементы заклинивания и рекомендации по их применению

Вид заклинивания	Материал детали с внутренней резьбой	Примечание
<p>Конический сбеги резьбы</p> 	Сталь, чугун, алюминиевые и магниевые сплавы	Наиболее часто применяемый вид заклинивания. Применяется в сквозных и глухих отверстиях. Не рекомендуется применять при высоких динамических нагрузках. При слишком большом крутящем моменте затяжки может иметь место деформация внутренней резьбы в верхней части резьбового отверстия
<p>Плоский бурт</p> 	Алюминиевые и магниевые сплавы	Применяется в сквозных и глухих отверстиях. Плоскость заклинивания бурта должна быть перпендикулярна к оси резьбы. Диаметр бурта должен быть не менее $1,5d$
<p>Цилиндрическая цапфа</p> 	Сталь, чугун, алюминиевые и магниевые сплавы	Применяется только в глухих отверстиях. Оказывает меньшее стопорящее действие, чем у элементов заклинивания. Диаметр цилиндрической цапфы должен быть несколько меньше внутренней резьбы. Угол конуса на конце цилиндрической цапфы должен совпадать с углом заточки сверла для нарезания отверстия под резьбу

магниевых сплавов, а по стандарту [68] — из высокопрочных и титановых сплавов.

Номинальный профиль резьбы установлен ГОСТ 9150—81 [72]. Впадина наружной резьбы должна быть закругленной с номинальным радиусом кривизны  $R = 0,144P$  и наименьшим радиусом  $R_{\min} = 0,1P$ . Для резьбы с шагом  $P \leq 1$  мм допускается плоскосрезанная форма впадины, если она оговорена особо (рис. 8.4).

Длина свинчивания в зависимости от материала детали с внутренней резьбой должна устанавливаться в следующих пределах: для стали —  $(1 \div 1,25)d$ ; для чугуна —  $(1,25 \div 1,5)d$ ; для алюминиевых и магниевых сплавов —  $(1,5 \div 2)d$ .

Обозначение резьбы. Обозначение резьбы состоит из двух частей: из обозначения геометрических параметров и полей допусков. Обозначения цилиндрической метрической резьбы по стандартам [68, 71, 77, 82], приведены в табл. 8.7.

Таблица 8.7. Обозначение цилиндрической метрической резьбы

Продолжение табл. 8.7

Пояснение	Примеры обозначений						
<i>Обозначение геометрических параметров резьбы</i>							
Резьба с крупным шагом должна обозначаться буквой <i>M</i> и номинальным диаметром Резьба с мелким шагом должна обозначаться буквой <i>M</i> , номинальным диаметром и шагом Для левой резьбы после условного обозначения ставят <i>LH</i> Многозаходные резьбы должны обозначаться буквой <i>M</i> , номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой <i>P</i> с числовым значением шага, например: трехзаходная резьба с шагом 1 мм и значением хода 3 мм то же трехзаходная резьба левая	M24; M64 M24×2; M64×3 M24LH; M64×3LH  M24×3 (P1) M24×3 (P1) LH						
<i>Обозначение полей допусков резьб</i>							
Обозначение поля допуска диаметра резьбы состоит из цифры, обозначающей степень точности, и буквы (строчной для болта и прописной для гайки), обозначающей основное отклонение	6h; 6g; 6H; 6G						
Обозначение поля допуска болта состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска наружного диаметра	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding: 2px;">7h</td> <td style="padding: 2px;">6h</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Поле допуска наружного диаметра болта</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Поле допуска среднего диаметра болта</td> </tr> </table>	7h	6h	Поле допуска наружного диаметра болта		Поле допуска среднего диаметра болта	
7h	6h						
Поле допуска наружного диаметра болта							
Поле допуска среднего диаметра болта							
Если обозначения полей допусков среднего и наружного диаметров болта одинаковы, то в обозначении поля допуска резьбы болта они не повторяются	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding: 2px;">6h</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Поле допуска наружного диаметра болта</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Поле допуска среднего диаметра болта</td> </tr> </table>	6h	Поле допуска наружного диаметра болта	Поле допуска среднего диаметра болта			
6h							
Поле допуска наружного диаметра болта							
Поле допуска среднего диаметра болта							
Обозначение поля допуска гайки состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска внутреннего диаметра	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding: 2px;">5H</td> <td style="padding: 2px;">6H</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Поле допуска внутреннего диаметра гайки</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Поле допуска среднего диаметра гайки</td> </tr> </table>	5H	6H	Поле допуска внутреннего диаметра гайки		Поле допуска среднего диаметра гайки	
5H	6H						
Поле допуска внутреннего диаметра гайки							
Поле допуска среднего диаметра гайки							

Пояснение	Примеры обозначений			
Если обозначения полей допусков среднего и внутреннего диаметров гайки одинаковы, то в обозначении поля допуска резьбы гайки они не повторяются	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding: 2px;">6H</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Поле допуска внутреннего диаметра гайки</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Поле допуска среднего диаметра гайки</td> </tr> </table>	6H	Поле допуска внутреннего диаметра гайки	Поле допуска среднего диаметра гайки
6H				
Поле допуска внутреннего диаметра гайки				
Поле допуска среднего диаметра гайки				
Для обозначения резьбы с переходными посадками и натягами принят аналогичный порядок обозначений полей допусков резьбовых деталей, но для наружной резьбы указывают только поле допуска среднего диаметра. Поле допуска наружного диаметра наружной резьбы в обозначении не указывается	4j; 2m; 3p; 3n; 2g; 4H5H; 5H6H; 3H6H			
Для резьб с натягами в скобках дополнительно указывается число сортировочных групп	3n (3); 2H5D (3)			
<i>Полное обозначение резьбы</i>				
В обозначении резьбы обозначение поля допуска резьбы помещается за обозначением размера резьбы и отделяется от него горизонтальной чертой, например: наружная резьба с крупным шагом внутренняя резьба с крупным шагом наружная резьба с мелким шагом внутренняя резьба с мелким шагом наружная резьба левая внутренняя резьба левая	M12—6g M12—6H M12×1—6g M12×1—6H M12×1LH—6g M12×1LH—6H			
Посадка резьбовых деталей обозначается дробью (с косой чертой), в числителе которой указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы (гайки), а в знаменателе — обозначение поля допуска наружной резьбы (болта), например: резьба с зазором  резьба с переходной посадкой резьба с натягом	M12—6H/6g; M12×1—6H/6g; M12×1LH—6H/6g M12—4H6H/4jk M12—2H5C (2)/3p (2)			
Длина свинчивания <i>N</i> в условном обозначении резьбы не указывается. Если длина свинчивания относится к группам <i>S</i> (но меньше, чем вся длина резьбы) или <i>L</i> , то в обозначении резьбы должна быть указана длина свинчивания (мм)	M12—7g6g— $\frac{30}{T}$ Длина свинчивания			
Примечание. В условном обозначении болтов, винтов, шпилек, гаек поля допусков 8g и 7H не указываются.				

## 8.4. Резьба метрическая коническая

Конические резьбы, применяемые главным образом в соединениях труб, ранее стандартизовались на основе дюймовой системы мер. Наибольшее применение получили трубная коническая резьба и коническая дюймовая резьба с углом профиля  $60^\circ$ . В настоящее время в мировой практике все большее распространение получает метрическая коническая резьба, одним из преимуществ которой является возможность получения соединения наружной конической с внутренней цилиндрической метрической резьбой.

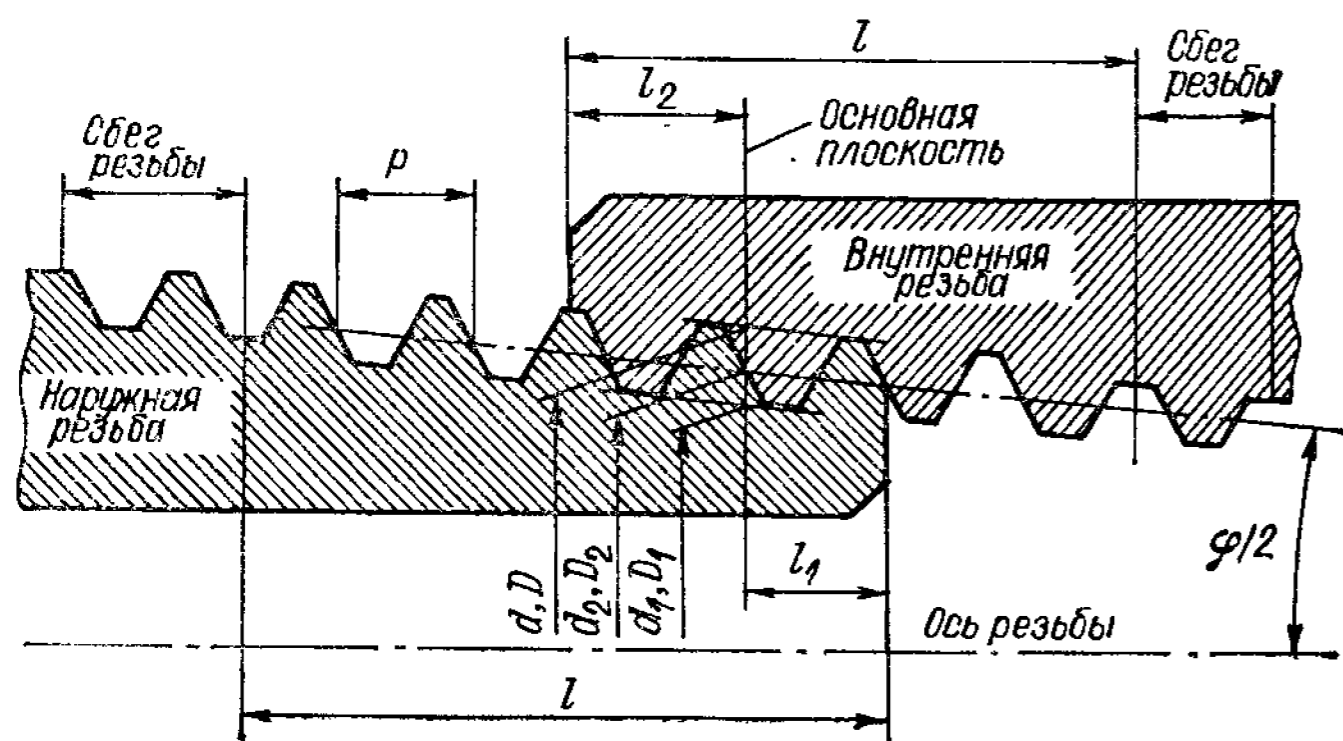


Рис. 8.5. Коническое резьбовое соединение;

$l$  — рабочая длина резьбы;  $l_1$  — длина наружной резьбы от торца до основной плоскости;  $l_2$  — длина внутренней резьбы от торца до основной плоскости

Профиль и основные размеры. ГОСТ 25229 — 82 (СТ СЭВ 304 — 76) распространяется на метрическую коническую резьбу с конусностью  $1 : 16$  и диаметром от 6 до 60 мм, применяемую для конических резьбовых соединений (рис. 8.5), а также в соединениях наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой с номинальным профилем по стандарту [72] (рис. 8.6).

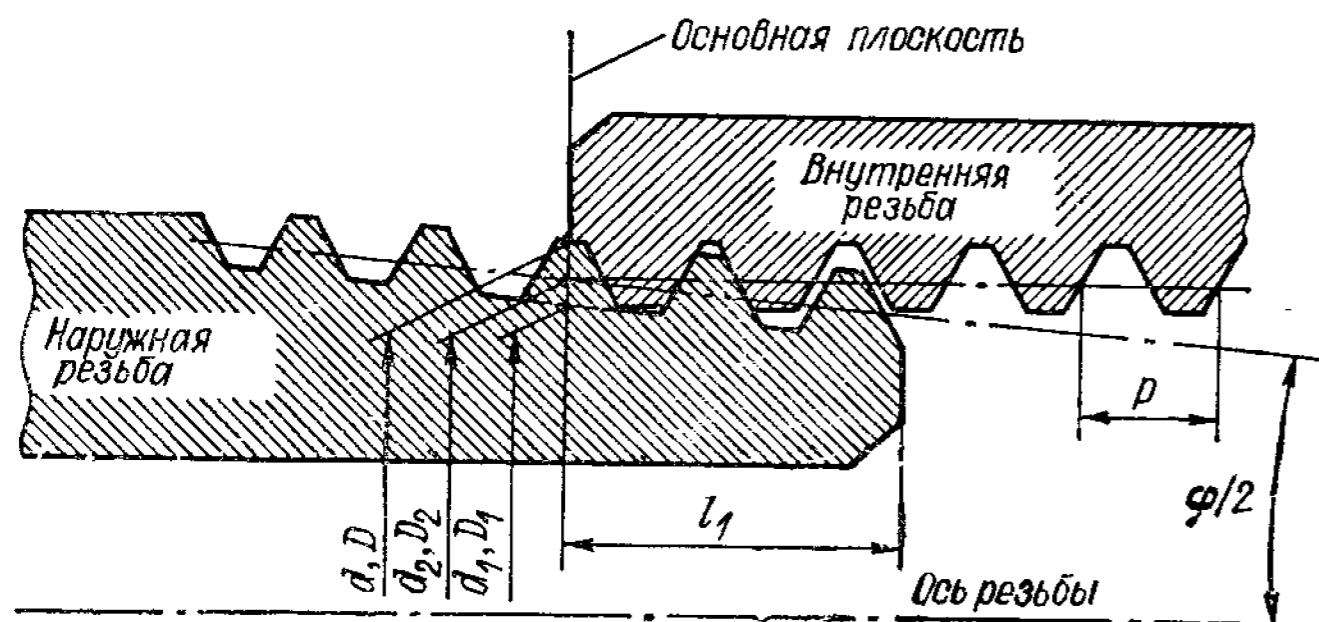


Рис. 8.6. Соединение наружной конической с внутренней цилиндрической резьбой

Номинальный профиль метрической конической резьбы (наружной и внутренней) приведен на рис. 8.7. Профиль внутренней цилиндрической резьбы, соединяемой с наружной конической, должен иметь плоскосрезанную впадину (см. рис. 8.6). При отсутствии требований к герметичности резьбового соединения или при применении для этой цели уплотнителей форма впадины наружной и внутренней резьб не регламентируется. Размеры элементов профиля конической и цилиндрической резьб установлены ГОСТ 9150—81.

Диаметры, шаги и номинальные значения основных размеров конической (наружной и внутренней) резьбы (см. рис. 8.5) приведены в ГОСТ 25229—82 (СТ СЭВ 304—76).

Номинальные диаметры и шаги внутренней цилиндрической резьбы (см. рис. 8.6) принимаются по стандарту [84], а основные размеры по стандарту [78]. Внутренняя цилиндрическая резьба должна обеспечивать ввинчивание наружной конической резьбы на глубину не менее  $0,8l$ .

Обозначение резьбы и соединений. Обозначение метрической конической резьбы состоит из букв МК, номинального диаметра, шага (для резьбы с мелким шагом).

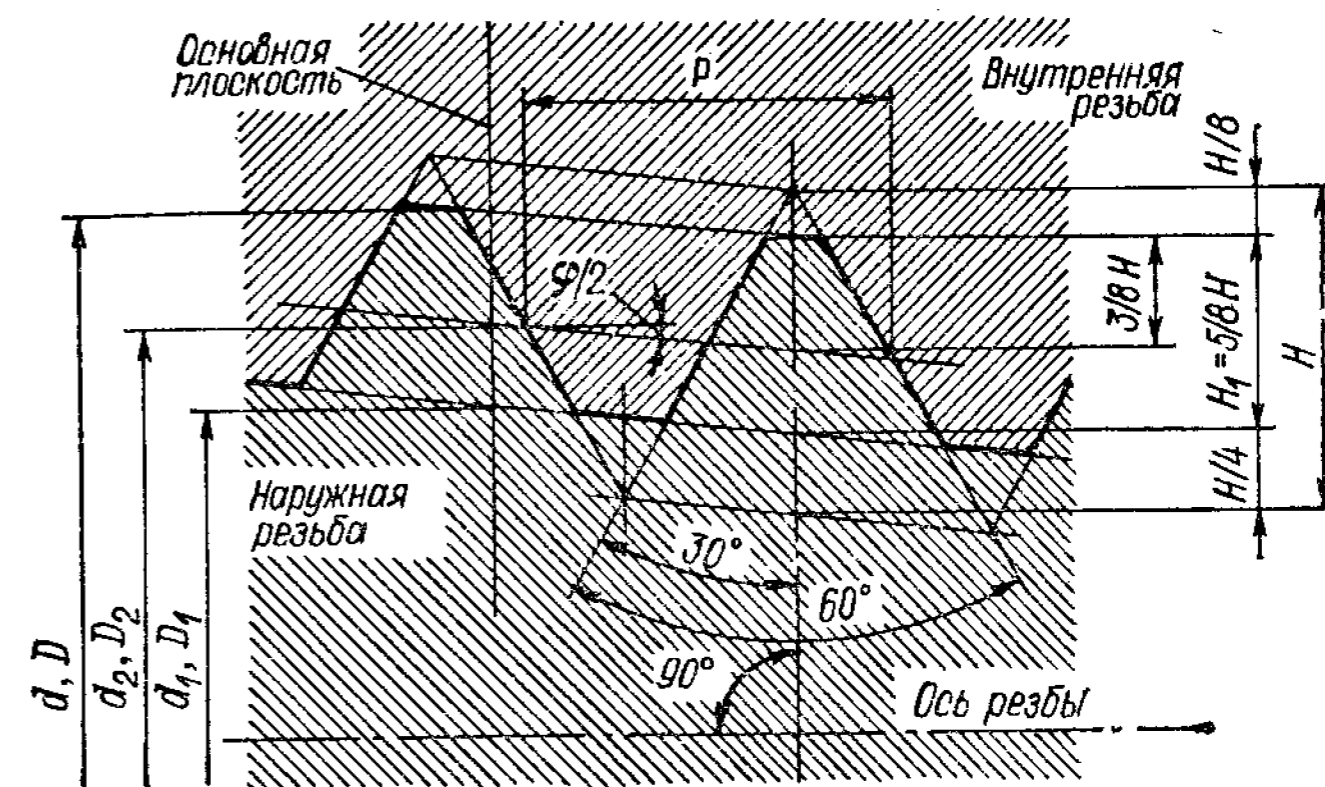


Рис. 8.7. Профиль конической метрической резьбы

Левая резьба обозначается буквами LH. Примеры обозначения конической резьбы: с мелким шагом — МК  $20 \times 1,5$ ; той же резьбы левой — МК  $20 \times 1,5 LH$ ; резьбы с крупным шагом — МК6.

Обозначение конического соединения соответствует принятому для конической резьбы: например, МК  $20 \times 1,5$ .

Обозначение внутренней цилиндрической резьбы, соединяемой с конической, производится по общим правилам обозначения размера резьбы (табл. 8.7) с добавлением номера стандарта на коническую резьбу, например: М20  $\times$  1,5 ГОСТ 25229—82; М20  $\times$  1,5 LH ГОСТ 25229—82.

Обозначения соединения внутренней цилиндрической с наружной конической резьбой должно обозначаться дробью М/МК, номинальным диаметром, шагом и номером стандарта, например: М/МК20  $\times$  1,5 ГОСТ 25229—82; М/МК20  $\times$  1,5 LH ГОСТ 25229—82.

## 8.5. Резьба метрическая для деталей из пластмасс

Резьбовые детали из пластмасс получили широкое применение в машино- и приборостроении.

Резьба для деталей из пластмасс, получаемая прессованием, литьем под давлением, резанием, принципиально может иметь любой профиль, но наиболее широко распространены метрические резьбы. Эти резьбы диаметрами от 1 до 180 мм для деталей из пластмасс, соединяемых с пластмассовыми и металлическими деталями, регламентированы ГОСТ 11709—81 (СТ СЭВ 1158—78), который устанавливает профиль, основные размеры, допуски и предельные отклонения размеров.

Для деталей из пластмасс установлен особый отбор полей допусков, приведенный в табл. 8.8 и отличающийся от отбора полей допусков по стандарту [77] тем, что с учетом особенностей материала: не предусмотрен класс «точный»; введен класс



Таблица 8.8. Поля допусков резьбы для деталей из пластмасс по ГОСТ 11709—81

Класс точности	Группа длин свинчивания					
	S		N		L	
	Поля допусков резьбы					
	наруж-ной	внутрен-ней	наруж-ной	внутрен-ней	наруж-ной	внутрен-ней
Средний	6g; 6h	—	6g; 6h	6G; 6H	7g6g; 7h6h	7G; 7H
Грубый	7g6g; 7h6h	6G; 6H	8g; 8h	7G; 7H	9g8g; 9h8h	8G; 8H
Очень грубый	9g8g; 9h8h	8G; 8H	10h8h	9H8H	10h8h	9H8H

Примечания: 1. При длине свинчивания N и классе точности «грубый» поле допуска 8h6h — для резьб с шагом P < 0,8 мм и поле допуска 8h — для резьб с шагом P > 0,8 мм. 2. При длинах свинчивания S и L допускается применять поля допусков, соответствующие длине свинчивания N. 3. При группах длин свинчивания S и L допускается применять поля допусков, соответствующие длине свинчивания N.

«очень грубый»; не используются поля допусков с основными отклонениями f, e, d. Для металлических деталей, сопрягаемых с деталями из пластмасс, поля допусков резьбы следует принимать по стандарту [77].

В посадках допускаются любые сочетания полей допусков наружной и внутренней резьбы. В обоснованных случаях, если применение полей допусков по табл. 8.8 не обеспечивает предъявляемых к изделию требований, допускается применение других полей допусков по стандарту [77].

Обозначения метрической резьбы с крупным и мелким шагом для деталей из пластмасс производится по общим правилам, изложенным в табл. 8.7. Примеры обозначения резьбы с номинальным диаметром 24 мм:

наружной резьбы с крупным шагом M24—10h8h; внутренней резьбы с крупным шагом M24—9H8H; наружной резьбы с мелким шагом M24×1—10h8h; внутренней резьбы с мелким шагом M24×1—9H8H.

В обозначении резьбы с особо крупным шагом обязательно указание шага и номера стандарта, например: M5×1,5—8g ГОСТ 11709—81; M5×1,5—7H ГОСТ 11709—81.

### 8.6. Резьба трапецеидальная

**Характеристика резьбы.** Резьба трапецеидальная одно- и многозаходная относится к кинематическим резьбам (см. рис. 8.1) и предназначена для передачи движения. Она применяется в различных винтовых механизмах: ходовых винтах станков и счетных механизмов, винтах суппортов, штурвальных винтах, грузовых винтах прессов и домкратов и др.

Кинематические резьбы, применяемые для винтовых пар, имеют гарантированные зазоры по сопрягаемым поверхностям. Зазор необходим для размещения смазочного материала и уменьшения трения, компенсации температурных деформаций и создания однопрофильного контакта по боковым сторонам профиля резьбы. Основным показателем точности винтовых пар является разность действительного и теоретического перемещений одной из деталей пары в осевом направлении.

В отличие от крепежных резьб, где необходимо большое сопротивление самоотвинчиванию, для кинематических резьб важно иметь малое трение. При прочих равных условиях (шероховатость поверхности, род смазочного материала, материал деталей, угол подъема резьбы) приведенный коэффициент трения трапецеидальной резьбы

$$f_{\text{трап}} = \frac{f}{\cos(\alpha/2)} = \frac{f}{\cos 15^\circ} < f_{\text{треуг}}$$

где  $f$  — коэффициент трения у трапецеидальной резьбы на 4 %, а у метрической резьбы на 15 % больше, чем у прямоугольной. Но прямоугольную резьбу труднее изготовить, она менее прочна и износостойка. В соединениях с трапецеидальной резьбой посадка гайки по наклонным боковым сторонам профиля (по среднему диаметру) хорошо центрирует детали, а радиальные и осевые зазоры (мертвый ход) могут быть выбраны стягиванием разрезной гайки, что невозможно при прямоугольной резьбе. Поэтому прямоугольная резьба не стандартизована и не рекомендуется к применению. Допуски диаметров резьбы устанавливаются по степеням точности, обозначаемым цифрами. Степени точности диаметров резьбы и положения полей допусков, определяемые основными отклонениями, приведены в табл. 8.9.

Таблица 8.9. Степени точности и основные отклонения трапецеидальных резьб

Вид резьбы	Диаметр	Однозаходная резьба (ГОСТ 9562—81)		Многозаходная резьба (ГОСТ 24739—81)	
		Степень точности	Основное отклонение (es, EI)	Степень точности	Основное отклонение (es, EI)
Наружная (винт)	Наружный $d$	4, 6*	h	4, 6	h
	Средний $d_2$	6, 7, 8, 9	c, e, g, h	7, 8, 9, 10	c, e, g
	Внутренний $d_3$	6, 7, 8, 9	h	7, 8, 9, 10	h
Внутренняя (гайка)	Наружный $D_4$	—	H	—	H
	Средний $D_2$	6, 7, 8, 9	H	7, 8, 9	H
	Внутренний $D_1$	4	H	4	H

\* 6-я степень точности употребляется для накатанных винтов.

Таблица 8.10. Поля допусков трапецеидальных резьб

Группа длин свинчивания	Класс точности	Поля допусков резьбы			
		однозаходной (ГОСТ 9562—81)		многозаходной (ГОСТ 24739—81)	
		наружной	внутренней	наружной	внутренней
N (нормальная)	Точный	6g; 6e	6H	7e; 7g	7H
	Средний	7g; 7e	7H	8c; $\overline{8e}$	$\overline{8H}$
	Грубый	8e; 8c	8H	9c	9H
L (длинная)	Точный	7e	7H	8e	8H
	Средний	8e	8H	9c	9H
	Грубый	9c	9H	10c	9H

Примечания: 1. При повышенных требованиях к точности для длин свинчивания L допускается применять поля допусков, установленные для длин свинчивания N. 2. Поля допусков, заключенные в рамки, являются предпочтительными.

Т а б л и ц а 8.11. Обозначения трапецидальных резьб [79, 80, 81]

Пояснение	Примеры обозначений						
<i>Обозначение геометрических параметров резьб</i>							
Обозначение размера однозаходной резьбы состоит из букв Тг, номинального диаметра резьбы и шага Для левой резьбы обозначение дополняется буквами LH	Tr40×6  Tr40×6LH						
Многозаходные трапецидальные резьбы обозначаются буквами Тг, номинальным диаметром резьбы, числовым значением хода, и в скобках буквой Р с числовым значением шага Для левой резьбы добавляются буквы LH	Tr20×4 (P2); Tr80×40 (P10)  Tr20×4 (P2) LH						
<i>Обозначение допусков резьбы</i>							
Обозначение поля допуска трапецидальной резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, т. е. цифры, обозначающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение	6h; 7e; 7H; 8e; 8H						
В тех случаях, когда для наружного диаметра $d$ наружной резьбы назначается поле допуска 6h, оно должно дополнительно указываться в обозначении поля допуска резьбы	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;">7e</td> <td style="text-align: center;">6h</td> <td rowspan="2" style="padding-left: 10px;">Поле допуска наружного диаметра</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: none;"></td> <td>Поле допуска среднего диаметра</td> </tr> </table>	7e	6h	Поле допуска наружного диаметра			Поле допуска среднего диаметра
7e	6h	Поле допуска наружного диаметра					
			Поле допуска среднего диаметра				
Для многозаходной резьбы поле допуска 4h диаметра $d$ и поле допуска 4H диаметра $D_1$ в условном обозначении резьбы не указывают	—						
<i>Полное обозначение резьбы</i>							
Полное обозначение резьбы включает обозначения размера и поля допуска	Tr40×6—7e; Tr20×8 (P4)—8e; Tr40×6—7H; Tr20×8 (P4)—8H; Tr40×6LH—7e; Tr20×8 (P4) LH—8e; Tr40×6—7e6h						
Длина свинчивания $N$ в условном обозначении резьбы не указывается. Длина свинчивания $L$ (мм) при необходимости указывается за обозначением поля допуска	Tr40×6—8e—85; Tr80×40 (P10)—8e—180  <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="text-align: center;"> ----- </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Длина свинчивания</td> </tr> </table>	-----	Длина свинчивания				
-----							
Длина свинчивания							
Посадка в резьбовом соединении обозначается после обозначения размера резьбы в виде дроби, в числителе которой указывают поле допуска внутренней резьбы, в знаменателе — поле допуска наружной резьбы	Tr40×6—7H/7e; Tr40×6LH—7H/7e; Tr20×8 (P4)—8H/8e; Tr20×8 (P4) LH—8H/8e						

Поля допусков наружной и внутренней резьб, установленные в классах точности «точный», «средний», «грубый» в зависимости от группы длин свинчивания, приведены в табл. 8.10. В посадках допускаются любые сочетания полей допусков наружной и внутренней резьб предпочтительно одного класса точности.

Профиль многозаходной трапецидальной резьбы соответствует профилю однозаходной трапецидальной резьбы по стандарту [73]. Ход резьбы вычисляется по формуле:  $P_h = Pn$ .

Номинальный диаметр, ход, шаг и число заходов резьбы должны соответствовать указанным в стандарте [81]. Номинальные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы установлены стандартом [79].

Выбором соответствующего метода изготовления резьбы (например, изготовления выпуклых боковых поверхностей резьбы) должно быть обеспечено прилегание боковых сторон профиля наружной и внутренней резьбы в их средней части. Расположение полей допусков многозаходной резьбы соответствует принятому для однозаходной.

Обозначение резьбы. Обозначения однозаходной и многозаходной резьб приведены в табл. 8.11.

### 8.7. Резьба упорная

Упорные резьбы обычно применяются в тех случаях, когда необходимо обеспечить поступательное перемещение винта и когда большая нагрузка действует всегда в одном направлении; например в винтовых домкратах большой грузоподъемности, гидравлических прессах, грузовых крюках подъемных машин и др. Эти резьбы обеспечивают повышенный КПД даже по сравнению с трапецидальными резьбами. Обычно применяются упорные резьбы двух типов: с углом наклона боковой стороны 30° и усиленная резьба с углом наклона боковой стороны 45°.

Профиль и основные размеры. Номинальные профили наружной и внутренней резьб стандартизованы [75].

Степени точности, основные отклонения, поля допусков. Допуски диаметров резьбы устанавливаются по степеням точности, обозначаемым цифрами, приведенными в табл. 8.12.

Т а б л и ц а 8.12. Степени точности и основные отклонения упорной резьбы по ГОСТ 25096—82 (СТ СЭВ 2058—79)

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Степень точности	Основные отклонения
Наружная	$d$	4	h
	$d_2$	7, 8, 9	h
	$d_3$	7, 8, 9	h
Внутренняя	$D$	—	H
	$D_2$	7, 8, 9	AZ
	$D_1$	4	H

Примечание. Степень точности диаметра  $d_3$  должна соответствовать точности диаметра  $d_2$ .

Т а б л и ц а 8.13. Поля допусков упорной резьбы по ГОСТ 25096—82 (СТ СЭВ 2058—79)

Класс точности	Поле допуска резьбы			
	наружной		внутренней	
	Группа длин свинчивания			
	$N$	$L$	$N$	$L$
Средний Грубый	7h	8h	7AZ	8AZ
	8h	9h	8AZ	9AZ

Примечание. При повышенных требованиях к точности для группы  $L$  допускается применять поля допусков, установленные для  $N$ .

Установлены два класса точности для наружной и внутренней резьб: средний и грубый. Длины свинчивания подразделяются на две группы: нормальную  $N$  и длинную  $L$ . Поля допусков наружной и внутренней резьб приведены в табл. 8.13.

Обозначение резьбы. В условное обозначение упорной резьбы должны входить буква  $S$ , номинальный диаметр и шаг, например:  $S80 \times 10$ .

Для левой резьбы после условного обозначения размера резьбы указывают буквы *LH*, например:  $S80 \times 10LH$ .

В условное обозначение многозаходной резьбы должны входить: буква *S*, номинальный диаметр, значение хода и в скобках буква *P* и значение шага, например: для двухзаходной резьбы с шагом 10 мм и значением хода 20 мм;  $S80 \times 20 (P10)$ ; то же для левой резьбы:  $S80 \times 20 (P10) LH$ .

Обозначение поля допуска упорной резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, т. е. из цифры, обозначающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение (см. табл. 8.12 и 8.13), например: 7h, 7AZ.

В обозначении резьбы обозначение поля допуска резьбы должно следовать за обозначением размера резьбы и отделяться горизонтальной чертой. Например:  $S80 \times 10-7h$ ;  $S80 \times 10-7AZ$ ;  $S80 \times 10LH-7h$ ;  $S80 \times 10LH-7AZ$ .

Длина свинчивания *N* в условном обозначении резьбы не указывается. Длина свинчивания *L* (мм) при необходимости указывается за условным обозначением резьбы. Например:

$S80 \times 10-7h-120$ .

└──────────┘  
Длина свинчивания

Посадка в резьбовом соединении обозначается дробью, в числителе которой указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы, в знаменателе — обозначение поля допуска наружной резьбы. Например:  $S80 \times 10-7AZ/7h$ ;  $S80 \times 10LH-7AZ/7h$ .

### 8.8. Резьба трубная цилиндрическая. Резьба трубная коническая

Трубной резьбой в узком смысле называют резьбу с углом профиля  $55^\circ$  (в некоторых нормативно-технических документах принято также название «резьба Витворта»). Она создана на основе дюймовой системы мер. Несмотря на это трубная резьба является международно признанной резьбой, применяемой главным образом в соединениях трубопроводов.

По эксплуатационным характеристикам трубные резьбы делятся на резьбы, не обеспечивающие герметичность соединения, и резьбы для герметичных соединений. К первой разновидности относится цилиндрическая трубная резьба. Для герметичных соединений применяются: 1) коническая трубная резьба (конические соединения); 2) сочетание цилиндрической внутренней резьбы с конической наружной резьбой (коническо-цилиндрические соединения).

В отличие от других видов резьб номинальный размер трубной резьбы характеризуется не ее наружным диаметром, а числовым значением (в дюймах) условного диаметра отверстия трубы, на которой нарезана резьба. В последних стандартах СЭВ и ИСО обозначение размера трубной резьбы приводится без обозначения единицы физической величины.

ГОСТ 6357—81 распространяется на трубную цилиндрическую резьбу, применяемую в цилиндрических резьбовых соединениях, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой [70].

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы должны входить [70]: буква *G*, обозначение размера резьбы и класса точности среднего диаметра. Условное обозначение для левой резьбы дополняется буквами *LH*. Примеры условного обозначения резьбы класса точности *A*:  $G1\frac{1}{2}-A$ ; левой резьбы класса точности *B*:  $G1\frac{1}{2}LH-B$ .

Длина свинчивания *N* в обозначении резьбы не указывается. Длина свинчивания *L* указывается в миллиметрах. Например:  $G1\frac{1}{2}LH-B-40$ .

└──────────┘  
Длина свинчивания

Посадка обозначается дробью, в числителе которой указывают обозначение класса точности внутренней резьбы, в знаменателе — обозначение класса точности наружной резьбы, например:  $G1\frac{1}{2}-A/A$ ;  $G1\frac{1}{2}LH-A/B$ .

Соединение внутренней трубной цилиндрической резьбы класса точности *A* по настоящему стандарту с наружной трубной конической резьбой по ГОСТ 6211—81 обозначается следующим образом:  $\frac{G}{R} 1\frac{1}{2}-A$  или  $G/R 1\frac{1}{2}-A$ .

ГОСТ 6211—81 распространяется на трубную коническую резьбу с конусностью 1 : 16, применяемую в конических резьбовых соединениях, а также в соединениях наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой с профилем по ГОСТ 6357—81 и устанавливает профиль, основные размеры и допуски конической резьбы, а также допуски внутренней трубной цилиндрической резьбы, соединяемой с наружной конической [69].

## Глава 9. СОЕДИНЕНИЯ ШПОНОЧНЫЕ, ШЛИЦЕВЫЕ

### 9.1. Соединения шпоночные

Шпоночное соединение — это многомерное соединение трех деталей, предназначенное для передачи главным образом вращательного движения (вала со шкивом, зубчатым колесом и др.). Эти соединения применяют в случаях, если к точности центрирования соединяемых деталей не предъявляется особых требований.

Соединение шпонками может быть неподвижным или подвижным вдоль оси вала. При этом шпонка примерно на половину высоты входит в паз (канавку) вала и на половину — в паз ступицы колеса. Боковые (рабочие) грани шпонки передают вращение от вала к колесу или обратно. Форма и размеры большинства типов шпонок стандартизованы и зависят от условий работы соединяемых деталей и диаметра вала. По форме стандартные шпонки разделяются на призматические, клиновые, сегментные и тангенциальные с прямоугольным поперечным сечением.

На продольных разрезах соединений все шпонки показывают нерассеченными. Размеры сечений шпонок и пазов выбирают в зависимости от диаметра вала.

Материал — сталь чистотянутая для шпонок с временным сопротивлением разрыву не менее 590 МПа.

Анализ конструкций разных типов шпоночных соединений показывает, что на качество шпоночных соединений с призматическими, сегментными и клиновыми шпонками больше всего влияют посадки по размеру *b* (ширина шпонки) в соединениях шпонки с пазами вала и втулки, а также форма шпоночных пазов и их расположение относительно цилиндрических посадочных поверхностей вала и втулки.

Стандарты СЭВ, введенные в соответствующие ГОСТы на шпоночные соединения, унифицируют нормы точности, что облегчает технологическую и метрологическую подготовку производства. Они устанавливают нормы точности посадок только по размеру *b*. Допуски формы и расположения пазов необходимо определять при конструировании соединений в зависимости от предъявляемых к ним требований.

Соединения с призматическими шпонками. Призматические шпонки разделяют на следующих три типа:

- 1) обыкновенные и высокие (без крепежных отверстий), предназначенные для неподвижных соединений ступиц с валами (табл. 9.1);
- 2) направляющие с креплением на валу по ГОСТ 8790—79, применяемые в случае, когда ступицы должны иметь возможность перемещения вдоль валов;
- 3) скользящие сборные по ГОСТ 12208—66\*, соединяющиеся со ступицей (или пазом стола станка) при помощи выступа (пальца) и перемещающиеся вдоль вала (стола станка) вместе со ступицей.

Стандартизованы три исполнения призматических шпонок без крепежных отверстий (см. рис. в табл. 9.1). Размеры пазов и сечений шпонок, а также их длины в зависимости от диаметра вала, приведены в табл. 9.1.

Размеры сечений и длина шпонок с крепежными отверстиями [87] в основном соответствуют приведенным в табл. 9.1.

Для получения различных посадок призматических шпонок установлены поля допусков на ширину *b* шпонок, пазов валов и втулок.

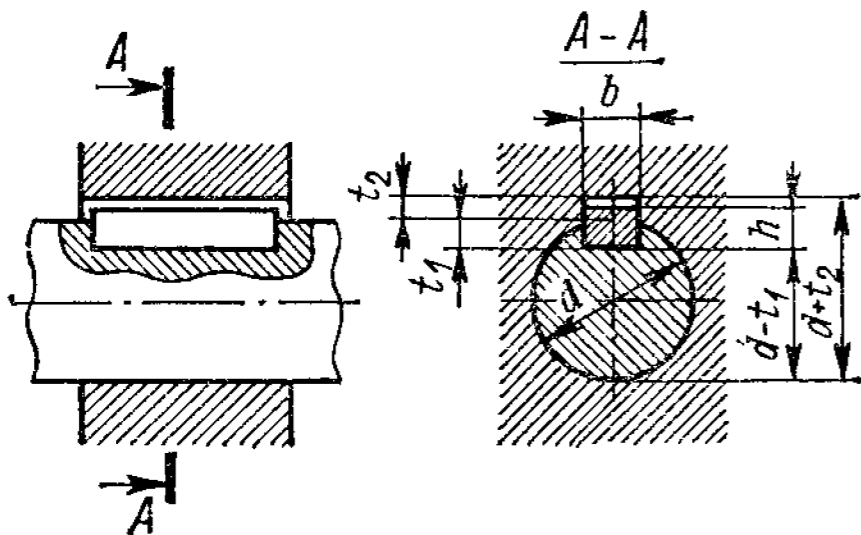
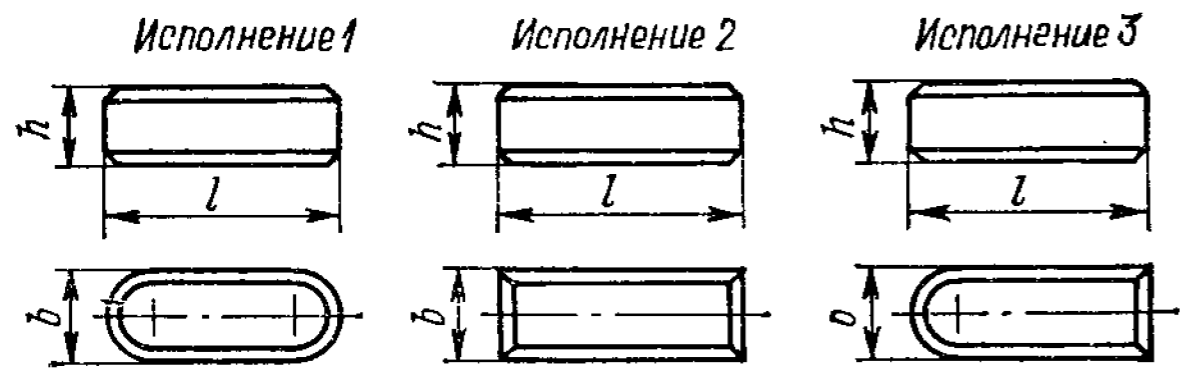
Для размеров шпонок установлены следующие поля допусков: по ширине  $h9$ ; по высоте  $h9$  при  $h = 2-6$  мм и  $h11$  при  $h > 6$  мм; по длине  $h14$ .

Для размеров пазов установлены следующие поля допусков для трех типов шпоночных соединений (I — свободные соединения; II — нормальные; III — плотные соединения).



Таблица 9.1. Форма и размеры призматических шпонок и сечений пазов по ГОСТ 23360—78 и СТ СЭВ 189—75  
мм

Продолжение табл. 9.1



Интервал диаметров вала $d$	Размеры сечения шпонки		Глубина паза		Интервалы длин шпонок $l$		Фаска для шпонки $s$	Радиус закругления паза $r$ или фаска $s_1 \times 45^\circ$	
	$b$	$h$	вала $t_1$	втулки $t_2$	от	до		от	до
Св. 130 до 150 » 150 » 170 » 170 » 200 » 200 » 230	36 40 45 50	20 22 25 28	12 13 15 17	8,4 9,4 10,4 11,4	100 100 110 125	400 400 450 500	1,0—1,20	0,7	1,0
Св. 230 до 260 » 260 » 290	56 63	32	20	12,4	140 160	500 500	1,60—2,00	1,2	1,6
Св. 290 до 330	70	36	22	14,4	180	500			
Св. 330 до 380 » 380 » 440 » 440 » 500	80 90 100	40 45 50	25 28 31	15,4 17,4 19,5	200 220 250	500 500 500	2,5—3,0	2,0	2,5

Примечания: 1. Длины шпонок должны выбираться из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500 мм. 2. Допускается применять шпонки с длиной, выходящей за интервалы длин, указанные в табл. 9.1. 3. В отдельных случаях (пустотелые и ступенчатые валы, передачи пониженных крутящих моментов и т. п.) допускается применять меньшие сечения стандартных шпонок на валах больших диаметров, за исключением выходных концов валов.

Интервал диаметров вала $d$	Размеры сечения шпонки		Глубина паза		Интервалы длин шпонок $l$		Фаска для шпонки $s$	Радиус закругления паза $r$ или фаска $s_1 \times 45^\circ$	
	$b$	$h$	вала $t_1$	втулки $t_2$	от	до		от	до
От 6 до 8 Св. 8 » 10 » 10 » 12	2 3 4	2 3 4	1,2 1,8 2,5	1,0 1,4 1,8	6 6 8	20 36 45	0,16— 0,25	0,08	0,16
Св. 12 до 17 » 17 » 22	5 6	5 6	3 3,5	2,3 2,8	10 14	56 70	0,25— 0,40	0,16	0,25
Св. 22 до 30	8	7	4	—	18	90			
Св. 30 до 38 » 38 » 44	10 12	8	5	3,3	22 28	110 140	0,40— 0,60	0,25	0,4
Св. 44 до 50 » 50 » 58 » 58 » 65	14 16 18	9 10 11	5,5 6 7	3,8 4,3 4,4	36 45 50	160 180 200			
Св. 65 до 75	20	12	7,5	4,9	56	220			
Св. 75 до 85 » 85 » 95	22 25	14	9	5,4	63 70	250 280	0,60— 0,80	0,4	0,6
Св. 95 до 110 » 110 » 130	28 32	16 18	10 11	6,4 7,4	80 90	320 360	0,60— 0,80	0,4	0,6

Для ширины паза на валу:

Тип соединения . . . . .	I	II	III
Поле допусков . . . . .	H9	N9	P9

Для ширины паза во втулке:

Тип соединения . . . . .	I	II	III
Поле допусков . . . . .	D10	J <sub>s</sub> 9	P9

Предельные отклонения глубины пазов на валу и во втулке (или размеров  $d - t_1$  и  $d + t_2$ ) приведены в табл. 9.2. Для длины шпоночного паза установлено поле допуска H15. Предельные отклонения полей h9, h14, H9, D10, N9, J<sub>s</sub>9, P9 и H15 указаны в ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75).

Дополнительно для термообработанных деталей допускаются предельные отклонения размера  $b$  паза вала по H11, если это не влияет на работоспособность соединения.

Расположение полей допусков шпоночных соединений дано на рис. 9.1.

**Соединения с сегментными шпонками.** Сегментные шпонки применяют при сравнительно коротких ступицах колес. Шпонки выполняют в виде сегмента, что делает их наиболее технологичными вследствие простоты фрезерования шпоночного паза, а также удобства сборки соединений. Однако относительно большая глубина шпоночного паза уменьшает прочность вала, что вызывает необходимость применять эти шпонки для передачи небольших крутящих моментов или лишь для фиксации элементов соединения.

Размеры шпонок, сечений шпоночных пазов и предельные отклонения их глубины приведены в табл. 9.3.

Материал шпонок — сталь чистотянутая для сегментных шпонок по ГОСТ 8786—68\*. Допускается применение другой стали с временным сопротивлением разрыву не менее 590 МПа.



Таблица 9.2. Предельные отклонения глубины пазов и размеров, связанных с глубиной паза, по СТ СЭВ 13—57 и СТ СЭВ 645—77 [109] мм

Высота шпонки $h$	Предельные отклонения размеров		
	$t_1$	$d - t_1$	$t_2$ или $d + t_2$
От 2 до 6	+0,1 0	0 -0,1	+0,1 0
Св. 6 до 18	+0,2 0	0 -0,2	+0,2 0
Св. 18 до 50	+0,3 0	0 -0,3	+0,3 0

Примечание. Размеры  $d - t_1$  и  $d + t_2$  допускается контролировать вместо размеров  $t_1$  и  $t_2$ .

Для размеров шпонок и пазов установлены следующие поля допусков: h9 для ширины шпонки  $b$ ; h11 для высоты шпонки  $h$ ; h12 для диаметра шпонки  $d$ ; N9 для ширины паза вала в нормальном соединении и P9 в плотном соединении; J<sub>s</sub>9 для ширины паза втулки в нормальном соединении и P9 в плотном соединении.

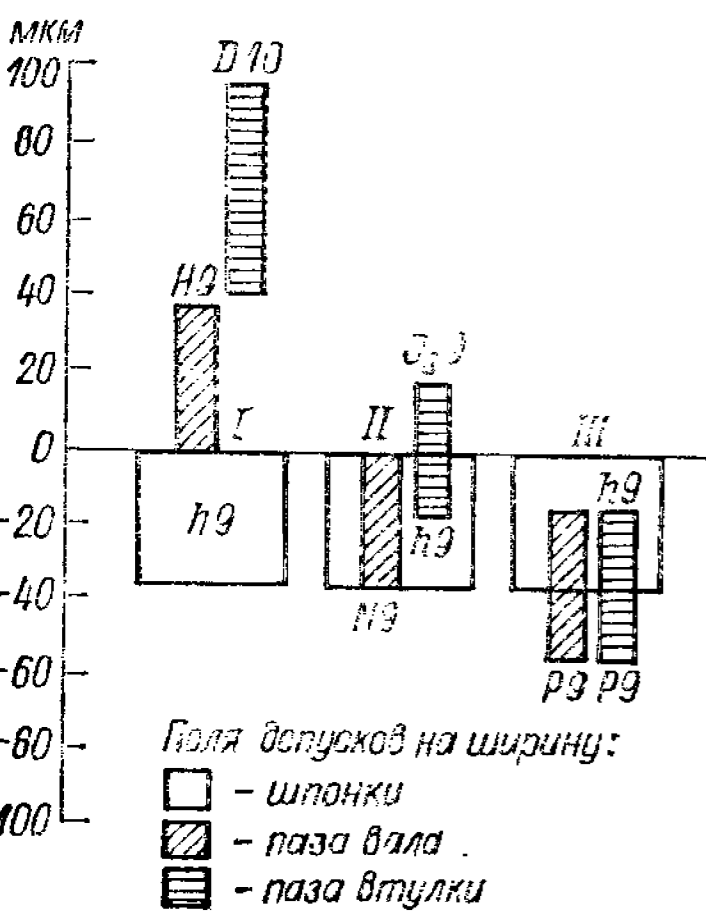


Рис. 9.1. Расположение полей допусков шпоночных соединений (свободных I, нормальных II и плотных III) при ширине шпонки  $b = 10$  мм

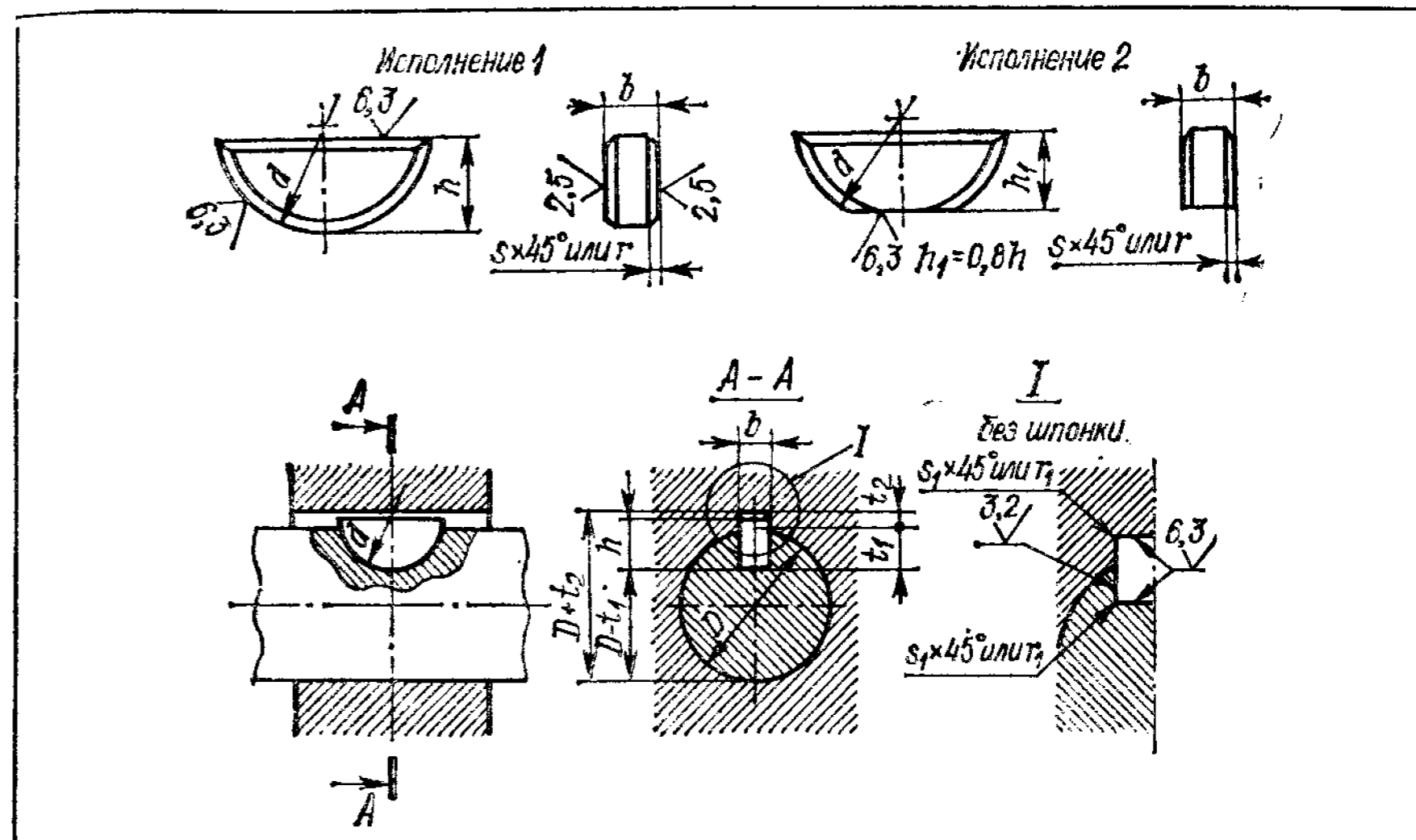
два плоских торца. Кроме того, клиновые шпонки изготавливают с головками для забивки и извлечения шпонок из пазов.

Длина паза на валу и длина закладной шпонки одинаковы. Эта шпонка закладывается в паз, а втулка колеса затем надвигается на вал и шпонку.

Паз на валу для забивания шпонки более длинный, чем сама шпонка, так как забивная шпонка вводится тогда, когда втулка колеса уже насажена на вал.

В отличие от призматических и сегментных клиновые шпонки создают напряженное соединение.

Таблица 9.3. Форма и размеры сегментных шпонок и шпоночных пазов по ГОСТ 24071—80 (СТ СЭВ 647—77) мм



Назначение шпонки		Размеры шпонки $b \times h \times d$	Шпоночный паз				Фаска $s_1 \times 45^\circ$ или радиус $r_1$	
			Глубина					
			Ширина $b$	Вал $t_1$		Втулка $t_2$		
Номинальное значение	Предельные отклонения	Номинальное значение		Предельные отклонения				
Передача крутящих моментов	Фиксация элементов							
Св. 4 » 5	Св. 4 » 6	1,5 × 2,6 × 7	1,5	2,0	0,8			
» 5 » 6	» 6 » 8	2 × 2,6 × 7	2,0	1,8	+0,1	1,0		
» 6 » 7	» 8 » 10	2 × 3,7 × 10	2,0	2,9	0	1,0		
» 7 » 8	» 10 » 12	2,5 × 3,7 × 10	2,5	2,7		1,2	0,08 0,16	
Св. 8 до 10	Св. 12 до 15	3 × 5 × 13	3,0	3,8		1,4		
» 10 » 12	» 15 » 18	3 × 6,5 × 16	3,0	5,3		1,4		
Св. 12 до 14	Св. 18 до 20	4 × 6,5 × 16	4,0	5,0	+0,2	1,8	+0,1	
» 14 » 16	» 20 » 22	4 × 7,5 × 19	4,0	6,0	0	1,8	0	
» 16 » 18	» 22 » 25	5 × 6,5 × 16	5,0	4,5		2,3		
» 18 » 20	» 25 » 28	5 × 7,5 × 19	5,0	5,5		2,3		
Св. 20 до 22	Св. 28 до 32	5 × 9 × 22	5,0	7,0		2,3		
» 22 » 25	» 32 » 36	6 × 9 × 22	6,0	6,5	+0,3	2,8		
» 25 » 28	» 36 » 40	6 × 10 × 25	6,0	7,5	0	2,8	0,16 0,25	

Продолжение табл. 9.3

Интервал диаметров вала $D$		Назначение шпонки	Размеры шпонки $b \times h \times d$	Шпоночный паз					
				Глубина				Фаска $s \times 45^\circ$ или радиус $r_1$	
				Вал $t_1$		Втулка $t_2$			
Передача крутящих моментов	Фиксация элементов	Ширина $b$	Номинальное значение	Предельные отклонения	Номинальное значение	Предельные отклонения	Не менее	Не более	
			Св. 28 до 32 » 32 » 38	Св. 40	8×11×28 10×13×32	8,0 10,0			+0,3 0

Примечания: 1. Допускается в технически обоснованных случаях (для пустотелых и ступенчатых валов, при передаче пониженных крутящих моментов и т. п.) применять меньшие размеры сечений шпонок на валах больших диаметров, за исключением выходных концов валов. 2. Размер фаски  $s \times 45^\circ$  или радиуса  $r$  принимается в зависимости от диаметра  $d$ :

$d$ , мм	4—16	16—25	28—32
$s$ или $r$ , мм	0,16—0,25	0,25—0,40	0,60

Таблица 9.4. Предельные отклонения глубины пазов и размеров, связанных с глубиной паза, по ГОСТ 24071—80 (СТ СЭВ 647—77)

Высота шпонки $h$	Предельные отклонения размеров			Высота шпонки $h$	Предельные отклонения размеров		
	$t_1$	$D-t_1$	$t_2$ или $D+t_2$		$t_1$	$D-t_1$	$t_2$ или $D+t_2$
От 1,4 до 3,7	+0,1 0	0 -0,1	+0,1 0	Св. 7,5 до 10	+0,3 0	0 -0,3	+0,1 0
Св. 3,7 до 7,5	+0,2 0	0 -0,2	+0,1 0	Св. 10 до 13	+0,3 0	0 -0,3	+0,2 0

Примечание. Размеры  $D-t_1$  и  $D+t_2$  допускается контролировать вместо размеров  $t_1$  и  $t_2$ .

Стандартом [90] установлены четыре исполнения клиновых шпонок (рис. 9.2). Размеры клиновых шпонок (ширина  $b$ , высота  $h$ , интервалы длин и длина  $l$ ) полностью соответствуют установленным для призматических шпонок (см. табл. 9.1). Высота шпоночной головки  $h_1$  для исполнения 1 приведена в табл. 9.5.

Размеры сечений шпонок и размеры пазов (рис. 9.3) в зависимости от диаметра вала  $d$  соответствуют [90] указанным в табл. 9.1, за исключением глубины паза втулки (размера  $t_2$ ), значения которой приведены в табл. 9.5.

Допуски размеров шпонок  $b$ ,  $h$  и  $l$  такие же [90], как и для призматических шпонок.

Дополнительно установлены предельные отклонения угла уклона  $\pm \frac{AT10}{2}$  по ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 178—75).

Поля допусков размеров пазов: для ширины пазов вала и втулки  $D10$ , для длины паза  $H15$ . Предельные отклонения глубины пазов  $t_1$  и  $t_2$  или заменяющих их размеров  $d-t_1$  и  $d+t_2$  соответствуют указанным в табл. 9.2.

Таблица 9.5. Высота шпоночной головки и глубина паза втулки для клиновых шпонок по ГОСТ 24068—80 (СТ СЭВ 645—77)

Высота шпонки $h$	Высота головки $h_1$	Глубина паза $t_1$	Высота шпонки $h$	Высота головки $h_1$	Глубина паза $t_2$	Высота шпонки $h$	Высота головки $h_1$	Глубина паза $t_2$
2	—	0,5	10	16	3,4	25	40	9,1
3	—	0,9	11	18	3,4	28	45	10,1
4	7	1,2	12	20	3,9	32	50	11,1
5	8	1,7	14	22	4,4	36	56	13,1
6	10	2,2	16	25	5,4	40	63	14,1
7	11	2,4	18	28	6,4	45	70	16,1
8	12	2,4	20	32	7,1	50	80	18,1
9	14	2,9	22	36	8,1			

Примечание. Размер  $t_2$  относится к большей глубине паза.

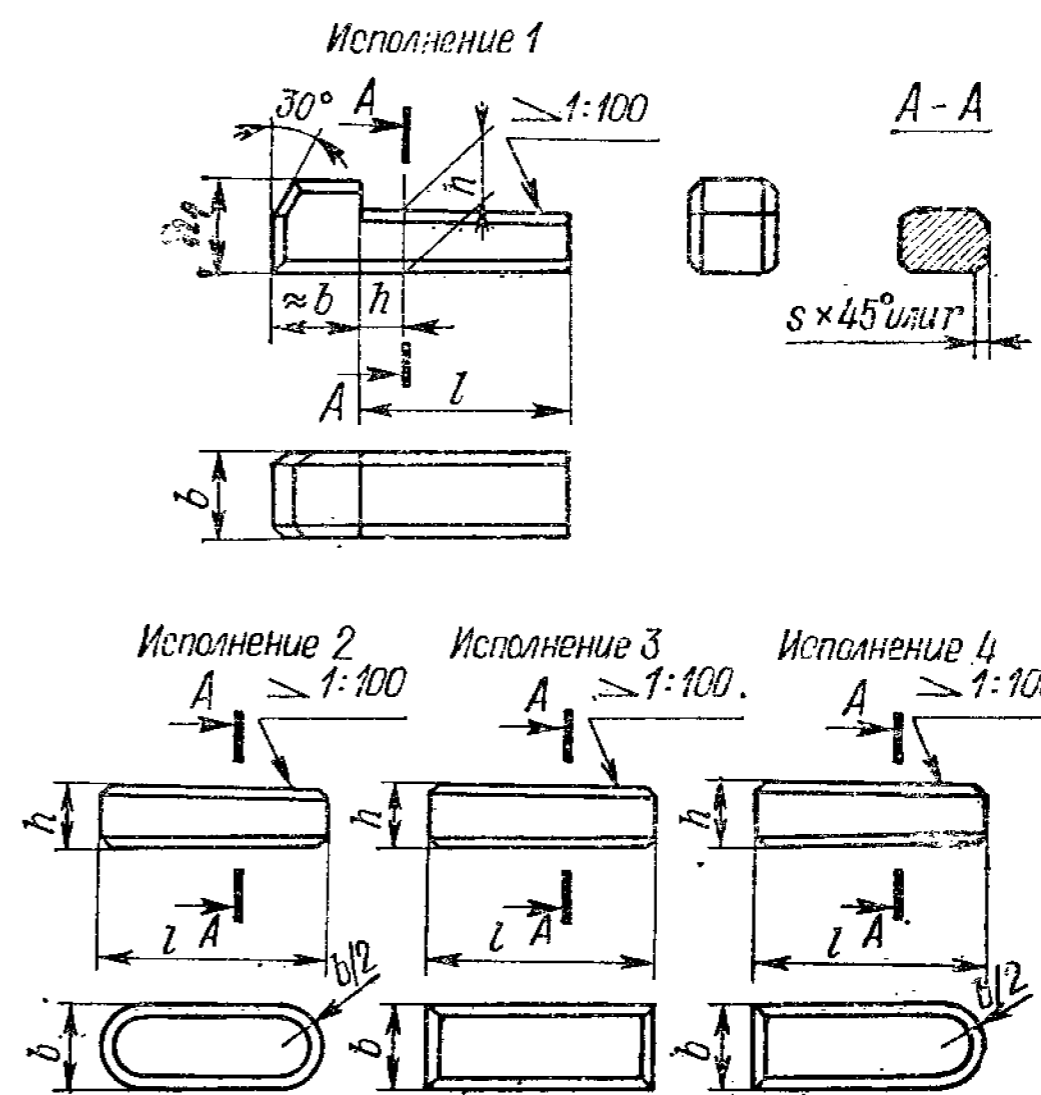


Рис. 9.2. Исполнения клиновых шпонок

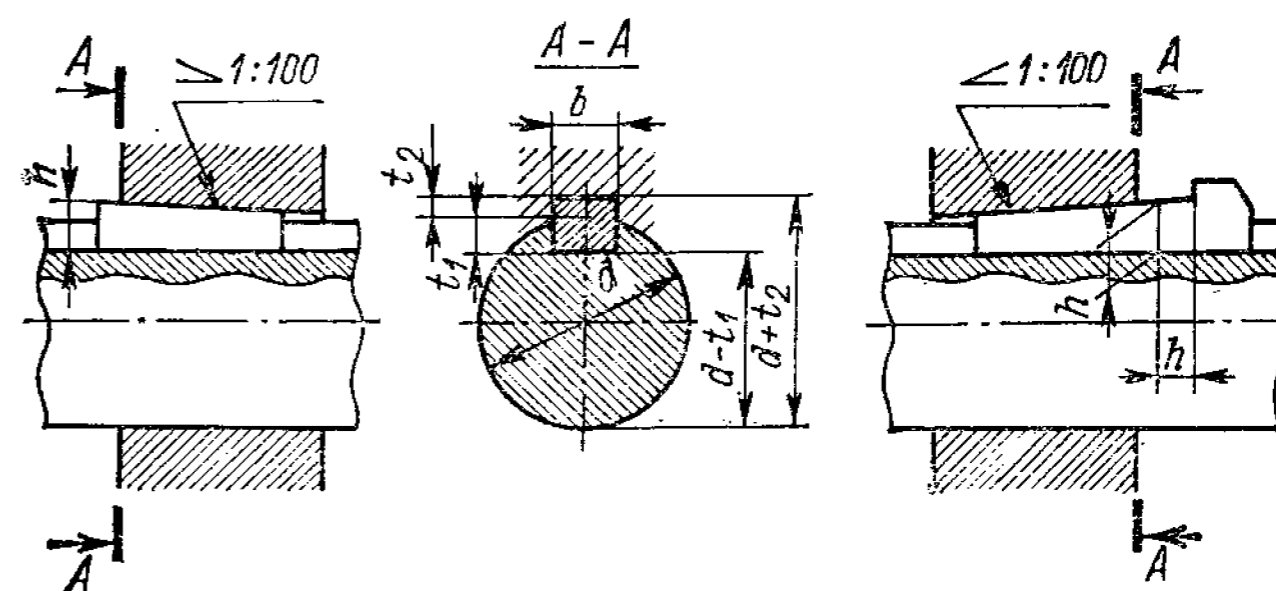
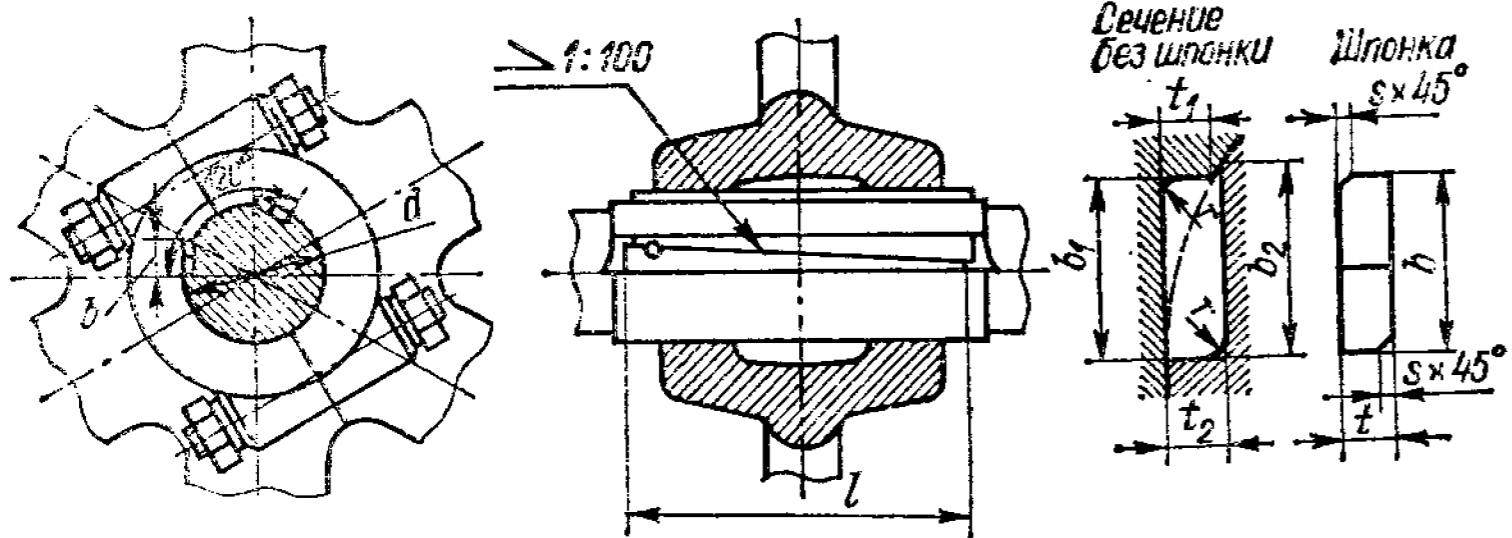


Рис. 9.3. Размеры сечений пазов для клиновых шпонок

Таблица 9.6. Размеры тангенциальных нормальных шпонок и сечений пазов по ГОСТ 24069—80 (СТ СЭВ 646—77)

мм



Диаметр вала $d$	Шпонка				Шпоночный паз													
	Толщина $t$	Расчетная ширина $b$	Фаска $s \times 45^\circ$		Глубина		Расчетная ширина		Радиус $r$									
			Не менее	Не более	Втулка $t_1$	Вал $t_2$	Втулка $b_1$	Вал $b_2$	Не менее	Не более								
60 63 65 70	7	19,3 19,8 20,1 21,0	0,6	0,8	7	7,3	19,3 19,8 20,1 21,0	19,6 20,2 20,5 21,4	0,4	0,6								
71 75 80 85 90		22,5 23,2 24,0 24,8 25,6									8	8,3	22,5 23,2 24,0 24,8 25,6	22,8 23,5 24,4 25,2 26,0				
95 100 110		27,8 28,6 30,1													9	9,3	27,8 28,6 30,1	28,2 29,0 30,6
120 125 130		33,2 33,9 34,6																
140 150	37,7 39,1	11	11,4	37,7 39,1	38,3 39,7													
160 170 180	42,1 43,5 44,9					12	12,4	42,1 43,5 44,9	42,8 44,2 45,6									
190 200	49,6 51,0	14	14,4	49,6 51,0	50,3 51,7													

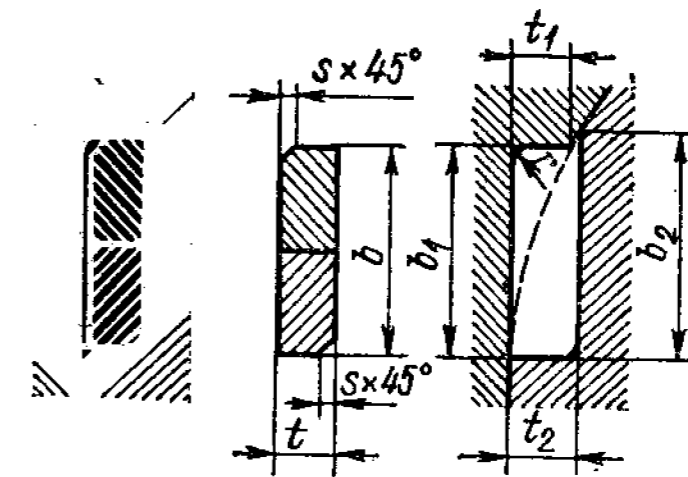
Продолжение табл. 9.6

Диаметр вала $d$	Шпонка				Шпоночный паз					
	Толщина $t$	Расчетная ширина $b$	Фаска $s \times 45^\circ$		Глубина		Расчетная ширина		Радиус $r$	
			Не менее	Не более	Втулка $t_1$	Вал $t_2$	Втулка $b_1$	Вал $b_2$	Не менее	Не более
220 240	16	57,1 59,9	1,6	2,0	16	16,4	57,1 59,9	57,8 60,6	1,2	1,6
250 260		64,6 66,0								
280 300	20	72,1 74,8	2,5	3,0	20	20,4	72,1 74,8	72,8 75,5	2,0	2,5
320 340		81,0 83,6								
360 380 400	93,2 95,9 98,6	30	30,4	108,2 110,9 112,3 113,6	108,8 111,6 112,9 114,3					
420 440 450 460	108,2 110,9 112,3 113,6					34	34,4	123,1 125,9	123,8 126,6	
480 500	123,1 125,9	38	38,4	136,7 140,8	137,4 141,5					
530 560	136,7 140,8									42
600 630	153,1 157,1	46	46,5	169,4	170,2					
670	169,4					50	50,5	181,6 187,1	182,3 187,8	
710 750	181,6 187,1	54	54,5	200,7 214,3 227,9	201,4 215,2 228,7					
800 850 900	200,7 214,3 227,9					58	58,5	214,3 227,9	215,2 228,7	
950 1000	241,5 248,3									62
						66	66,5	241,5 248,3	242,4 249,2	

Примечание. Предельные отклонения размера  $t$  по h11.

Т а б л и ц а 9.8. Размеры тангенциальных усиленных шпонок, сечений пазов и их предельные отклонения по ГОСТ 24070—80 (СТ СЭВ 646—77)

мм



Диаметр вала <i>d</i>	Шпонка				Шпоночный паз									
	Толщина <i>t</i> (поле допуска h11)	Расчетная ширина <i>b</i>	Фаска <i>s</i> × 45°		Глубина				Расчетная ширина		Радиус <i>r</i>			
			Не менее	Не более	Втулка <i>t</i> <sub>1</sub>		Вал <i>t</i> <sub>2</sub>		Втулка <i>b</i> <sub>1</sub>	Вал <i>b</i> <sub>2</sub>	Не менее	Не более		
					Номинальное значение	Предельное отклонение	Номинальное значение	Предельное отклонение						
100	10	30	1,0	1,2	10	+0,2	10,4	+0,2	30	30,5	0,7	1,0		
110	11	33			11	11,4	33	33,5						
120	12	36			12	12,4	36	36,5						
130	13	39			13	13,4	39	39,5						
140	14	42	14	14,4	42	42,5	1,2	1,6						
150	15	45	1,6	2,0	15	15,4			45	45,5				
160	16	48			16	16,4			48	48,5				
170	17	51			17	17,4			51	51,5				
180	18	54			18	18,4	54	54,5						
190	19	57	2,5	3,0	19	19,4	57	57,5	2,0	2,5				
200	20	60			20	20,4	60	60,5						
210	21	63			21	21,4	63	63,5						
220	22	66			22	22,4	66	66,5						
240	24	72			24	24,4	72	72,5						
250	25	75			25	25,4	75	75,5						
260	26	78			26	26,4	78	78,5						
280	28	84			3,0	4,0	28	28,4			84	84,5	2,5	3,0
300	30	90	30	30,4			90	90,5						
320	32	96	32	32,4			96	96,5						
340	34	102	34	34,4			102	102,5						
360	36	108	36	36,4			108	108,5						
380	38	114	38	38,4			114	114,5						
400	40	120	40	40,4			120	120,5						
420	42	126	42	42,4			126	126,5						
450	45	135	4,0	5,0			45	45,4	135	135,5	3,0	4,0		
480	48	144					48	48,5	144	144,7				
500	50	150			50	50,5	150	150,7						

Соединения с тангенциальными шпонками. Кроме клиновых различают тангенциальные шпонки, которые применяют преимущественно при передаче реверсивных движений. Они отличаются от клиновых шпонок тем, что натяг между валом и ступицей создается ими не в радиальном, а в касательном (тангенциальном) направлении.

Размеры шпонок и сечений пазов приведены в табл. 9.6. Длина шпонки *l* выбирается на 10—15 % больше длины втулки. Для промежуточных значений диаметров принимаются те размеры шпонок и пазов, которые соответствуют следующему диаметру вала по табл. 9.6. Предельные отклонения толщины шпонки и глубины пазов приведены в табл. 9.7.

Для шпоночных соединений, работающих с повышенными ударными нагрузками или с частым изменением направления вращения, необходимо применять шпонку большего сечения (усиленную). Размеры сечений усиленных шпонок и пазов и их предельные отклонения приведены в табл. 9.8.

Положение шпонок друг относительно друга после сборки должно быть зафиксировано

с помощью штифта или другим способом. Допускается располагать шпоночные пазы на валу и во втулке под углом 180° относительно друг друга.

Условные обозначения шпонок и нанесение размеров на чертежах. Условные обозначения всех видов шпонок, установленные соответствующими стандартами, приведены в табл. 9.9.

В зависимости от принятых баз обработки и измерения на рабочих чертежах должны указываться следующие размеры для глубины паза шпоночного соединения:

1) для соединений с призматическими шпонками (см. рисунок в табл. 9.1): один размер для вала — *t*<sub>1</sub> (предпочтительный вариант) или *d* — *t*<sub>1</sub> и один размер для втулки — *d* + *t*<sub>2</sub>;

2) для соединений с клиновыми шпонками (см. рис. 9.3) — те же размеры, что и для призматических шпонок;

3) для соединений с сегментными шпонками (см. рисунок в табл. 9.3): один размер для вала — *t*<sub>1</sub> (предпочтительный вариант) или *D* — *t*<sub>1</sub> и один размер для втулки — *D* + *t*<sub>2</sub>.

Для всех видов шпоночных соединений в рабочих чертежах вала и втулки должны указываться допуски симметричности расположения паза относительно посадочных цилиндрических поверхностей втулки (рис. 9.4, а) и вала (рис. 9.4, б).

Т а б л и ц а 9.7. Предельные отклонения толщины шпонки и глубины пазов для тангенциальных шпонок по ГОСТ 24069—80 (СТ СЭВ 646—77)

мм

Интервал значений <i>t</i>	Предельные отклонения глубины пазов		Интервал значений <i>t</i>	Предельные отклонения глубины пазов	
	<i>t</i> <sub>1</sub>	<i>t</i> <sub>2</sub>		<i>t</i> <sub>1</sub>	<i>t</i> <sub>2</sub>
От 7 до 11	0 -0,2	+0,2 0	Св. 11	0 -0,3	+0,3 0

Примечания: 1. Предельные отклонения толщины шпонки *t* по h11. 2. Предельные отклонения угла уклона шпонок ± AT10/2.



Т а б л и ц а 9.9. Условные обозначения шпонок

Вид шпонки	Условное обозначение
<i>Шпонки призматические (см. табл. 9.1)</i>	
Шпонка исполнения 1 (со скругленными торцами) с размерами $b = 18$ мм; $h = 11$ мм; $l = 100$ мм	Шпонка 18×11×100 ГОСТ 23360—78
Шпонка исполнения 2 (с плоскими торцами) тех же размеров	Шпонка 2—18×11×100 ГОСТ 23360—78
<i>Шпонки сегментные (см. табл. 9.3)</i>	
Шпонка исполнения 1 сечением $b \times h = 5 \times 6,5$ мм	Шпонка 5×6,5 ГОСТ 24071—80
Шпонка исполнения 2 сечением $b \times h_1 = 5 \times 5,2$ мм	Шпонка 2—5×5,2 ГОСТ 24071—80
<i>Шпонки клиновые (см. рис. 9.2)</i>	
Шпонка исполнения 2 с размерами $b = 12$ мм; $h = 8$ мм; $l = 80$ мм	Шпонка 2—12×8×80 ГОСТ 24068—80
<i>Шпонки тангенциальные (см. табл. 9.6 и 9.8)</i>	
Шпонка нормальная с размерами $t = 7$ мм; $b = 21$ мм; $l = 100$ мм	Шпонка 7×21×100 ГОСТ 24069—80
Шпонка усиленная с размерами $t = 10$ мм; $b = 30$ мм; $l = 200$ мм	Шпонка 10×30×200 ГОСТ 24070—80
Примечание. Исполнение 1 для шпонок, согласно стандартам, в обозначении не указывают.	

## 9.2. Соединения шлицевые (зубчатые)

Шлицевые соединения по сравнению со шпоночными передают большие крутящие моменты, имеют большую усталостную прочность и высокую точность центрирования и направления.

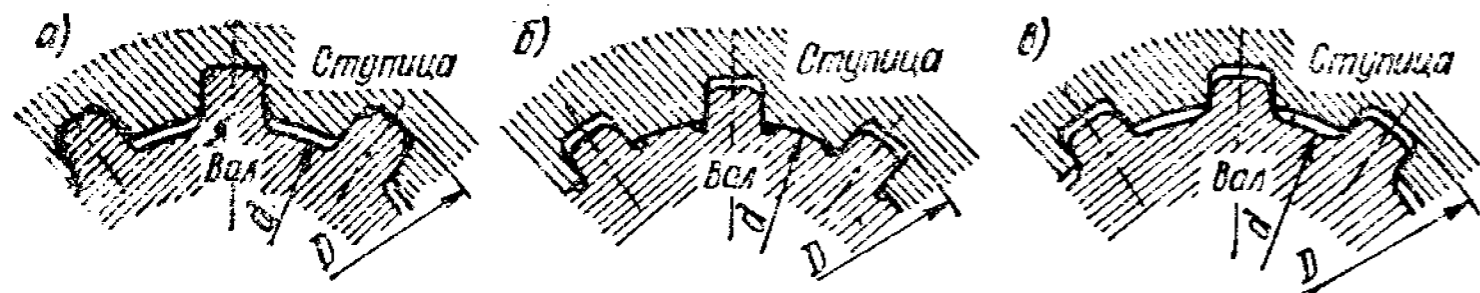


Рис. 9.5. Способы центрирования шлицевых соединений с прямоугольным профилем

Из числа шлицевых соединений, имеющих наибольшее распространение, различают соединения с *прямоугольным, эвольвентным и треугольным* профилями зубьев. Шлицевые соединения выполняют подвижными и неподвижными.

**Соединения шлицевые прямоугольные.** Применяют три способа центрирования отверстия ступицы (втулки) колес или других деталей на шлицевом валу [85]:

- по внешнему диаметру шлицев  $D$  (рис. 9.5, а), при этом образуется радиальный зазор по внутреннему диаметру  $d$  шлицев;
- по внутреннему диаметру  $d$ , при этом радиальный зазор будет по диаметру  $D$  (рис. 9.5, б);
- по боковым сторонам шлицев, в этом случае радиальные зазоры имеются по обоим диаметрам  $D$  и  $d$  (рис. 9.5, в).

Тип центрирования шлицевых соединений выбирают из конструктивных и технологических соображений.

В шлицевых соединениях механизмов, к которым предъявляются высокие требования по кинематической точности, применяют центрирование по  $d$  или  $D$ .

*Центрирование по  $d$*  целесообразно в тех случаях, когда втулка имеет высокую твердость и ее нельзя обработать чистовой протяжкой (тогда отверстие шлифуют на обычном внутришлифовальном станке) или когда могут возникнуть значительные искривления длинных валов после термообработки. Шлицевой участок вала при таком центрировании необходимо изготавливать с опорной площадкой  $a$  (см. рис. 9.6, исполнение А) и окончательно обрабатывать на шлицешлифовальном станке. Способ обеспечивает точное центрирование, его применяют обычно для подвижных соединений.

*Центрирование по  $D$*  как наиболее экономичное рекомендуется, когда втулку термически не обрабатывают или когда твердость ее материала после термообработки допускает калибровку протяжкой, а материала вала —

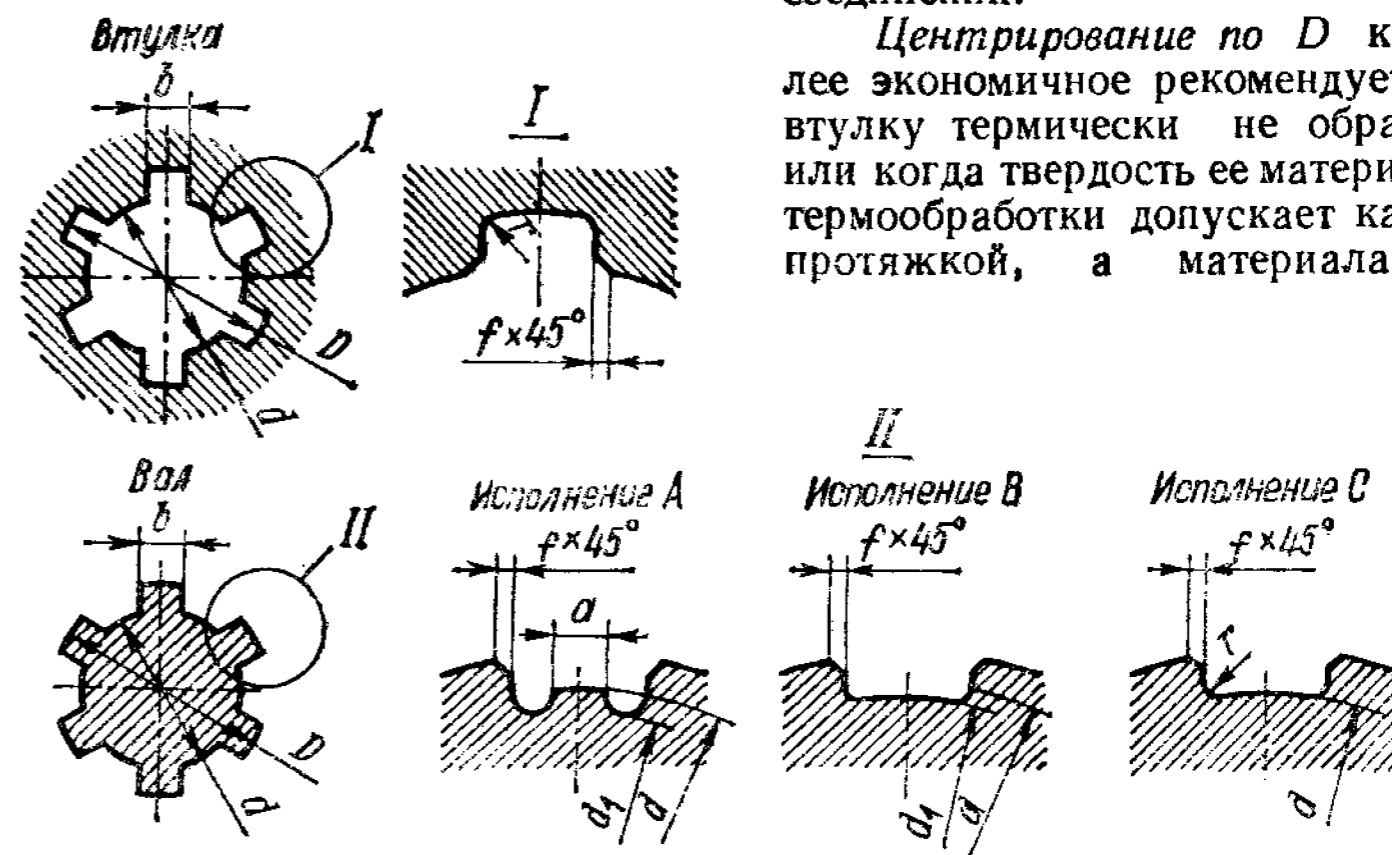


Рис. 9.6. Сечения втулки и вала шлицевого соединения с прямоугольным профилем

фрезерование до получения окончательных размеров зубьев. В этом случае центрирующие поверхности допускают точную и производительную обработку: на втулке — протяжкой, а на валу — круглым шлифованием. Такой способ центрирования технологически прост и экономичен. Его применяют для неподвижных соединений, поскольку в них отсутствует износ от осевых перемещений, а также для подвижных, воспринимающих небольшие нагрузки.

Опыт ряда заводов массового производства показал возможность применения центрирования по наружному диаметру и для соединений с высокой твердостью поверхностей шлицевых отверстий. Это достигается применением режущих инструментов, допускающих чистовую обработку шлицевого отверстия после термообработки до высокой твердости (дорны, твердосплавные протяжки и др.); путем рационального распределения допусков зубьев до термообработки с учетом деформации и уменьшения коробления деталей при термообработке за счет определенных технологических мероприятий.

*Центрирование по боковым сторонам шлицев* применяется в том случае, когда точность совпадения осей не имеет существенного значения, но требуется обеспечить достаточную прочность соединения в эксплуатации (карданное соединение в автомобилях), или когда по условиям работы требуются минимальные зазоры по ширине шлицев  $b$  (знакопеременные нагрузки, большие крутящие моменты, а также при реверсивном движении). Этот метод способствует более равномерному распределению нагрузки между зубьями, но не обеспечивает высокой точности центрирования, и поэтому его применяют редко.

На рис. 9.6 показаны стандартные сечения втулки и вала шлицевого соединения общего назначения с прямоугольным профилем зубьев с центрированием по одному из размеров  $D$ ,  $d$  или  $b$  [85]. При центрировании по внутреннему диаметру шлицевые валы изготавливаются в исполнениях А и С, при центрировании по наружному диаметру и боковым сторонам зубьев — в исполнении В.

Размеры шлицевых соединений подразделяются по трем сериям в зависимости от числа зубьев  $z$ : при 6; 8 и 10 зубьях — легкая и средняя серии; при 10; 16 и 20 зубьях — тяжелая серия (табл. 9.10 и 9.11).

Поля допусков для центрирующих и нецентрирующих диаметров  $d$  или  $D$  и размера  $b$  (табл. 9.12) установлены по ЕСДП СЭВ (см. гл. 3).

Посадки шлицевых соединений с прямобочным профилем по ГОСТ 1139—80 (СТ СЭВ 187—75) строятся по системе отверстия. Они осуществляются по центрирующей цилиндрической поверхности и одновременно по боковым поверхностям впадин втулки и зубьев вала (т. е. по  $d$  и  $b$  или по  $D$  и  $b$ ) или только по боковым поверхностям. Отклонения размеров отверстия и вала отсчитывают от номинальных размеров  $d$ ,  $D$  и  $b$ . Рекомендуемые посадки приведены в табл. 9.13 и 9.14. Посадки, указанные в скобках, применять не рекомендуется.

Предельные отклонения для полей допусков, приведенных в табл. 9.12—9.14, определяются по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75), а для поля допуска F10 —

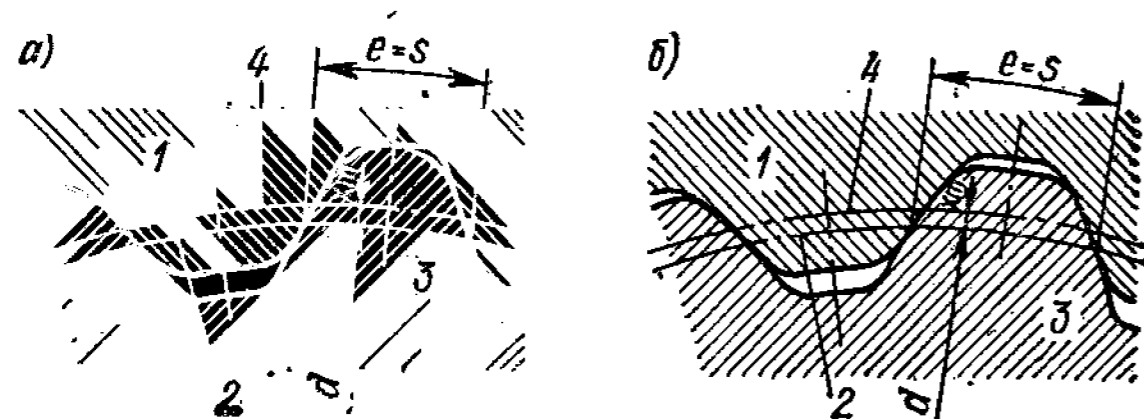


Рис. 9.7. Форма зубьев эвольвентных шлицевых соединений: а — при центрировании по наружному диаметру; б — при центрировании по боковым поверхностям зубьев (плоская форма дна впадины);

1 — втулка; 2 — делительная окружность; 3 — вал; 4 — средняя окружность

по ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75). Эти предельные отклонения относятся к собственно размерам  $d$ ,  $D$  и  $b$  и не включают компенсацию отклонений расположения поверхностей шлицевых втулок и валов.

Шлицевые соединения, как правило, контролируют комплексными проходными калибрами.

Соединения шлицевые с эвольвентным профилем зубьев [86]. В эвольвентных шлицевых соединениях втулку относительно вала центрируют по наружному диаметру (рис. 9.7, а) или по боковым поверхностям зубьев (рис. 9.7, б).

Для шлицевых соединений с эвольвентным профилем зубьев, расположенных параллельно оси соединения, с углом профиля  $30^\circ$  стандартизованы основные зависимости для определения размеров соединений. Размерный ряд охватывает соединения с модулями  $m = 0,5 \div 10$  мм, наружными диаметрами  $D = 4 \div 500$  мм и числами зубьев  $z = 6 \div 82$ . Предпочтительные размеры эвольвентных шлицевых соединений приведены в табл. 9.15.

При центрировании по боковым поверхностям зубьев приняты следующие степени точности элементов соединения, определяющие допуски для втулки и вала: 7; 9; 11 — для ширины впадины втулки; 7; 8; 9; 10; 11 — для толщины зуба вала.

Установлены следующие ряды основных отклонений, обозначаемых буквами латинского алфавита: Н — для ширины впадины втулки; г, р, п, к, h, g, i, d, e, а — для толщины зуба вала.

Обозначение полей допусков размеров  $e$  и  $s$  (рис. 9.7) установлено в виде числа, показывающего степень точности, за которым следует буква, показывающая основное отклонение (в отличие от обозначений, принятых в гладких соединениях, где число следует за буквой).

При центрировании по наружному диаметру поля допусков ширины впадины втулки  $e$  (рис. 9.7) должны соответствовать 9Н или 11Н; поля допусков толщины зуба вала  $s$  должны соответствовать 9h, 9g, 9d, 11e или 11a.

Условные обозначения шлицевых соединений. На сборочных чертежах шлицевые соединения указывают условными обозначениями, установленными стандартами [85, 86].

Т а б л и ц а 9.10. Основные размеры прямобочных шлицевых соединений общего назначения по ГОСТ 1139—80 (СТ СЭВ 188—75)

мм

Номинальный размер $z \times d \times D$	$z$	$d$	$D$	$b$	$d_1$ , не ме- нее	$a$ , не ме- нее	$f$		$r$ , не бо- лее
							Номинальное значение	Предельное отклонение	
<i>Легкая серия</i>									
6×23×26	6	23	26	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
6×26×30	6	26	30	6	24,6	3,85			
6×29×32	6	28	32	7	26,7	4,03			
8×32×36	8	32	36	6	30,4	2,71	0,4	+0,2	0,3
8×36×40	8	36	40	7	34,5	3,46			
8×42×46	8	42	46	8	40,4	5,03			
8×46×50	8	46	50	9	44,6	5,75			
8×52×58	8	52	58	10	49,7	4,89	0,5	+0,3	0,5
8×56×62	8	56	62	10	53,6	6,38			
8×62×68	8	62	68	12	59,8	7,31			
10×72×78	10	72	78	12	69,6	5,45			
10×82×88	10	82	88	12	79,3	8,62			
10×92×98	10	92	98	14	89,4	10,08			
10×102×108	10	102	108	16	99,9	11,49			
10×112×120	10	112	120	18	108,8	10,72			
<i>Средняя серия</i>									
6×11×14	6	11	14	3	9,9	—	0,3	+0,2	0,2
6×13×16	6	13	16	3,5	12,0	—			
6×16×20	6	16	20	4	14,5	—			
6×18×22	6	18	22	5	16,7	—			
6×21×25	6	21	25	5	19,5	1,95			
6×23×28	6	23	28	6	21,3	1,34			
6×26×32	6	26	32	6	23,4	1,65	0,4	+0,2	0,3
6×28×34	6	28	34	7	25,9	1,70			
8×32×38	8	32	38	6	29,4	—			
8×36×42	8	36	42	7	33,5	1,02			
8×42×48	8	42	48	8	39,5	2,57			
8×46×54	8	46	54	9	42,7	—	0,5	+0,3	0,5
8×52×60	8	52	60	10	48,7	2,44			
8×56×65	8	56	65	10	52,2	2,50			
8×62×72	8	62	72	12	57,8	2,40			
10×72×82	10	72	82	12	67,4	—			
10×82×92	10	82	92	12	77,1	3,00			
10×92×102	10	92	102	14	87,3	4,50			
10×102×112	10	102	112	16	97,7	6,30			
10×112×125	10	112	125	18	106,3	4,40			

Таблица 9.11. Основные размеры прямоугольных шлицевых соединений тяжелой серии по ГОСТ 1139—80 (СТ СЭВ 188—75)  
мм

Номинальный размер $z \times d \times D$	$b$	$d_1$ , не менее	$f$		$r_f$ , не более
			Номинальное значение	Предельное отклонение	
10×16×20 10×18×23 10×21×26 10×23×29	2,5 3 3 4	14,1 15,6 18,5 20,3	0,3		0,2
10×26×32 10×28×35 10×32×40 10×36×45 10×42×52	4 4 5 5 6	23,0 24,4 28,0 31,3 36,9			
10×46×56 16×52×60 16×56×65 16×62×72 16×72×82 20×82×92 20×92×102 20×102×115 20×112×125	7 5 5 6 7 6 7 8 9	40,9 47,0 50,6 56,1 65,9 75,6 85,5 94,0 104	0,5	+0,3	0,5

Таблица 9.12. Поля допусков нецентрирующих диаметров по ГОСТ 1139—80 (СТ СЭВ 187—75)

Нецентрирующий диаметр	Вид центрирования	Вал *	Втулка
		Поле допуска	
$d$ $D$	По $D$ или $b$ По $d$ или $b$	— a11	H11 H12

\* Диаметр  $d$  — не менее диаметра  $d_1$  по ГОСТ 1139—80.

Таблица 9.13. Рекомендуемые посадки прямоугольных шлицевых соединений по диаметрам [109]

Поле допуска втулки	Основное отклонение вала					
	$e$	$f$	$g$	$h$	$js$	$n$
<i>При центрировании по D</i>						
H7		$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{n6}$
H8	$\frac{H8}{e8}$			$\frac{H8}{h7}$		

Поле допуска втулки	Основное отклонение вала					
	$e$	$f$	$g$	$h$	$js$	$n$
<i>При центрировании по d</i>						
H6			$\frac{H6}{g5}$		$\frac{H6}{js5}$	
H7	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$ ; $\frac{H7}{h7}$	$\frac{H7}{js6}$ ; $\frac{H7}{js7}$	$\frac{H7}{n6}$
H8	$\frac{H8}{e8}$ ( $\frac{H8}{e9}$ )					

Примечание. В рамки заключены предпочтительные посадки.

Таблица 9.14. Рекомендуемые посадки прямоугольных шлицевых соединений по ширине  $b$  [109]

Поле допуска втулки	Основное отклонение вала					
	$d$	$e$	$f$	$h$	$j$	$k$
<i>При центрировании по b</i>						
F8		$\frac{F8}{e8}$	$\frac{F8}{f8}$		$\frac{F8}{js7}$	
D9	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f8}$ ; $\frac{D9}{f9}$	$\frac{D9}{h8}$ ; $\frac{D9}{h9}$	$\frac{D9}{js7}$	$\frac{D9}{k7}$
D10	$\frac{D10}{d8}$ ; $\frac{D10}{d10}$			$(\frac{D10}{h10})$		
F10	$\frac{F10}{d9}$	$\frac{F10}{e8}$	$\frac{F10}{f8}$ ; $\frac{F10}{f9}$	$\frac{F10}{h8}$ ; $\frac{F10}{h9}$	$\frac{F10}{js7}$	$\frac{F10}{k7}$
Js10	$\frac{Js10}{d9}$					
<i>При центрировании по D</i>						
F8	$(\frac{F8}{d9})$	$\frac{F8}{e8}$	$\frac{F8}{f7}$ ; $\frac{F8}{f8}$	$\frac{F8}{h6}$ ; $\frac{F8}{h8}$	$\frac{F8}{js7}$	
D9	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f7}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{D9}{js7}$	
F10		$\frac{F10}{e9}$	$\frac{F10}{f7}$	$\frac{F10}{h9}$		
Js10	$\frac{Js10}{d10}$					

Поле допуски втулки	Основное отклонение вала					
	d	e	f	h	js	k
<i>При центрировании по d</i>						
F8	$\frac{F8}{d8}$		$\frac{F8}{f7}; \frac{F8}{f8}$	$\frac{F8}{h7}; \frac{F8}{h8}; \frac{F8}{h9}$	$\frac{F8}{js7}$	
H8				$\frac{H8}{h7}; \frac{H8}{h8}; (\frac{H8}{h9})$	$\frac{H8}{js7}$	
D9	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f7}; \frac{D9}{f8}; \frac{D9}{f9}$	$\frac{D9}{h8}; \frac{D9}{h9}$	$\frac{D9}{js7}$	$\frac{D9}{k7}$
D10	$\frac{D10}{d9}$					
F10	$\frac{F10}{d9}$	$\frac{F10}{e8}$	$\frac{F10}{f7}; \frac{F10}{f8}; \frac{F10}{f9}$	$\frac{F10}{h7}; \frac{F10}{h8}; \frac{F10}{h9}$	$\frac{F10}{js7}$	$\frac{F10}{k7}$
Js10	$\frac{Js10}{d10}$					

Примечания: 1. В рамки заключены предпочтительные посадки. 2. Посадки, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

Таблица 9.15. Предпочтительный размерный ряд эвольвентных шлицевых соединений по ГОСТ 6033—80 (СТ СЭВ 269—76)

Номинальный диаметр D, мм	Число зубьев z при модуле m, мм					Номинальный диаметр D, мм	Число зубьев z при модуле m, мм		
	0,5	0,8	1,25	2	3		3	5	8
6	10	6	—	—	—	85	27	15	—
8	14	8	—	—	—	90	28	16	—
10	18	11	—	—	—	95	30	18	—
12	22	13	—	—	—	100	32	18	—
15	28	17	—	—	—	110	35	20	—
17	—	20	12	—	—	120	38	22	—
20	—	23	14	—	—	140	45	26	—
25	—	30	18	—	—	160	52	30	18
30	—	36	22	—	—	180	58	34	21
35	—	—	26	16	—	200	—	38	24
40	—	—	30	18	—	220	—	42	26
45	—	—	34	21	—	240	—	46	28
50	—	—	38	24	—	260	—	50	31
55	—	—	—	26	17	300	—	58	36
60	—	—	—	28	18	340	—	—	41
65	—	—	—	31	20	380	—	—	46
70	—	—	—	34	22	400	—	—	48
75	—	—	—	36	24	440	—	—	54
80	—	—	—	38	25	480	—	—	58
						500	—	—	61

Обозначения шлицевых прямобоочных соединений валов и втулок должны содержать: букву, обозначающую поверхность центрирования; число зубьев и номинальные размеры  $d, D$  и  $b$  соединения вала и втулки; обозначения полей допусков или посадок по диаметрам или по ширине  $b$ , помещенные после соответствующих размеров. Допускается не указывать в обозначении допуски нецентрирующих диаметров.

Примеры условного обозначения прямобоочного шлицевого соединения с числом зубьев  $z = 8$ , внутренним диаметром  $d = 36$  мм, наружным диаметром  $D = 40$  мм, шириной зуба  $b = 7$  мм:

а) при центрировании по внутреннему диаметру, с посадкой по центрирующему диаметру H7/e8 и по ширине зуба D9/f8:

$$d - 8 \times 36H7/e8 \times 40H12/a11 \times 7D9/f8;$$

б) при центрировании по наружному диаметру, с посадкой по центрирующему диаметру H8/h7 и по ширине зуба F10/h9:

$$D - 8 \times 36 \times 40H8/h7 \times 7F10/h9;$$

в) при центрировании по боковым сторонам зубьев:

$$b - 8 \times 36 \times 40H12/a11 \times 7D9/h8.$$

Пример условного обозначения отверстия втулки того же соединения при центрировании по внутреннему диаметру:

$$d - 8 \times 36H7 \times 40H12 \times 7D9.$$

Пример условного обозначения вала того же соединения при центрировании по внутреннему диаметру:

$$d - 8 \times 36e8 \times 40a11 \times 7f8.$$

Обозначения шлицевых эвольвентных соединений валов и втулок должны содержать: номинальный диаметр соединения  $D$ ; модуль  $m$ ; обозначение посадки соединения (полей допусков вала и втулки), помещаемое после размеров центрирующих элементов; обозначение стандарта.

Обозначение поля допуска ширины впадины втулки и толщины зуба вала состоит из числа, обозначающего степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например: 9H; 10p; 9n; 7f.

Примеры условных обозначений:

а) эвольвентного шлицевого соединения с  $D = 50$  мм;  $m = 2$  мм при центрировании по боковым сторонам зубьев (по ширине зуба  $b$ ), с посадкой по боковым поверхностям зубьев 9H/9g:

$$50 \times 2 \times 9H/9g \text{ ГОСТ } 6033-80;$$

б) втулки того же соединения:

$$50 \times 2 \times 9H \text{ ГОСТ } 6033-80;$$

в) вала того же соединения:

$$50 \times 2 \times 9g \text{ ГОСТ } 6033-80;$$

г) эвольвентного шлицевого соединения с  $D = 50$  мм,  $m = 2$  мм при центрировании по наружному диаметру  $D_f$ , с посадкой по центрирующему диаметру H7/g6:

$$50 \times H7/g6 \times 2 \text{ ГОСТ } 6033-80;$$

д) втулки того же соединения:

$$50 \times H7 \times 2 \text{ ГОСТ } 6033-80;$$

е) вала того же соединения:

$$50 \times g6 \times 2 \text{ ГОСТ } 6033-80;$$

ж) эвольвентного шлицевого соединения с  $D = 50$  мм,  $m = 2$  мм при центрировании по внутреннему диаметру  $d_f$ , с посадкой по центрирующему диаметру H7/g6:

$$i50 \times 2 \times H7/g6 \text{ ГОСТ } 6033-80.$$



## Глава 10. СОЕДИНЕНИЯ С ПОДШИПНИКАМИ

### 10.1. Подшипники качения

По виду трения различают подшипники качения и подшипники скольжения. По сравнению с подшипниками скольжения подшипники качения имеют преимущества: малый коэффициент трения, большую грузоподъемность при меньшей ширине подшипника, простоту монтажа, ухода и обслуживания, незначительный расход смазочных материалов. К недостаткам относятся значительно меньшая долговечность при больших частотах вращения и при больших нагрузках, большие наружные диаметры, ограниченная способность воспринимать ударные нагрузки.

**Классификация и маркировка.** Классификацию и маркировку подшипников качения устанавливает ГОСТ 520—71.

По *форме тела качения* подшипники качения делятся на шариковые и роликовые. Ролики могут быть цилиндрические (короткие или длинные), игольчатые, бочкообразные, конические, витые.

По *числу рядов тел качения* различают однорядные, двухрядные и четырехрядные подшипники.

По *способу компенсации перекосов вала* подшипники могут быть самоустанавливающиеся и самоустанавливающиеся.

В зависимости от *нагрузки*, которая действует на подшипники, они делятся на следующие типы: 1) радиальные, воспринимающие только радиальную нагрузку; 2) упорные, воспринимающие только осевую нагрузку; 3) радиально-упорные, воспринимающие комбинированную нагрузку.

По *радиальным размерам* при одинаковом диаметре внутреннего кольца различают серии: сверхлегкие, особо легкие, легкие, средние, тяжелые; по *ширине подшипника* различают узкие, нормальные, широкие и особо широкие серии.

Маркировка на торце колец подшипников качения отражает их основные параметры и конструктивные особенности.

*Первые две цифры* справа в маркировке обозначают внутренний диаметр подшипника. При внутреннем диаметре от 20 до 495 мм это двузначное число следует умножить на 5 для получения фактического размера в мм. При диаметрах до 20 мм принято обозначение:

Маркировка . . . . .	00	01	02	03
Фактический диаметр, мм . . . . .	10	12	15	17

*Третья цифра* справа в маркировке обозначает серию подшипника по диаметру и ширине: 1 — особо легкая; 2 — легкая; 3 — средняя; 4 — тяжелая; 5 — легкая широкая; 6 — средняя широкая.

*Четвертая цифра* справа обозначает тип подшипника: 0 — радиальный шариковый однорядный; 1 — радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 — радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 — радиальный двухрядный сферический с бочкообразными роликами; 4 — игольчатый; 5 — радиальный с витыми роликами; 6 — радиально-упорный шариковый; 7 — радиально-упорный роликовый конический; 8 — упорный шариковый; 9 — упорный роликовый.

*Пятая и шестая цифры* справа характеризуют конструктивные особенности подшипника.

*Седьмая цифра* справа обозначает серию подшипника по ширине.

Класс точности подшипника указывают впереди номера, например Р6-205 (здесь Р6 — класс точности).

ГОСТ 3478—79 (СТ СЭВ 402—76) устанавливает следующие серии диаметров: 0; 8; 9; 1; 7; 2; 3; 4; 5, а также серии ширин и высот: 7; 8; 9; 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6. Перечень серий диаметров указан в порядке увеличения размера наружного диаметра подшипника при одинаковом внутреннем диаметре. Перечень серий ширин и высот указан в порядке увеличения ширины или высоты.

**Классы точности.** По точности вращения, точности размеров и взаимного расположения поверхностей установлены следующие классы точности подшипников качения (в порядке повышения точности):

ГОСТ 520—71 . . . . .	0	6	5	4	2
СТ СЭВ 774—77 . . . . .	Р0	Р6	Р5	Р4	Р2

СТ СЭВ 774—77 допускает обозначение классов точности подшипников без буквы Р. Класс Р0 — нормальная точность.

**Выбор подшипников качения.** При выборе типа и размеров шариковых и роликовых подшипников необходимо учитывать следующие факторы: а) величину и направление нагрузки (радиальная, осевая, комбинированная); б) характер нагрузки (постоянная, переменная, ударная); в) частоту вращения кольца подшипника; г) необходимую долговечность (желаемый срок службы, выраженный в часах или миллионах оборотов); д) окружающую среду (температуру, влажность, кислотность и т. п.); е) особые требования к подшипнику, предъявляемые конструкцией узла машины или механизма (необходимость самоустанавливаемости подшипника в опоре с целью компенсации перекосов вала или корпуса, обеспечение перемещения вала в осевом направлении и т. п.).

Классы точности подшипников качения назначают с учетом требований точности, скорости вращения и других условий работы механизма или машины. В машиностроении обычно применяют подшипники класса Р0 (нормальной точности). При повышенных требованиях к точности вращения вала назначают классы Р6 и Р5; при высоких скоростях вращения, а также для прецизионных станков — классы Р5 и Р4; для прецизионных приборов и устройств, например гироскопов, класс точности Р2. Методика расчета и подбора стандартных подшипников качения приведена в ГОСТ 18854—82 и ГОСТ 18855—82.

**Посадки.** Подшипники качения — стандартные узлы с полной внешней взаимозаменяемостью.

Соединения подшипников качения с деталями машин и приборов являются частным случаем гладких цилиндрических соединений, весьма распространенным, но имеющим свои специфические особенности. Эти особенности определяются централизованным изготовлением подшипников качения, требующим унификации и стандартизации их присоединительных размеров, и особым влиянием посадки подшипников на условия их монтажа и работы.

Основными присоединительными поверхностями подшипников качения, по которым они монтируются на валах и в корпусах (корпусных деталях) машин и приборов, являются: а) отверстие во внутреннем кольце радиальных и радиально-упорных подшипников или в тугом кольце упорных подшипников; б) наружная поверхность наружного кольца в радиальных и радиально-упорных подшипниках или свободное кольцо упорных подшипников.

Соответственно различают посадки внутреннего (или тугого) кольца на вал и наружного (или свободного) кольца в корпус.

Многообразие условий монтажа и работы подшипников качения в различных машинах и приборах определяет необходимость в различных посадках. Требуемый характер посадки обеспечивается выбором соответствующих полей допусков вала или отверстия корпуса при неизменных полях допусков колец подшипников.

Таким образом, посадки подшипников на вал выполняются в системе отверстия, а отверстие внутреннего кольца подшипников является в этих посадках основным отверстием. Посадки подшипников в корпус выполняются в системе основного вала, а основным валом в этих посадках служит наружная поверхность наружного кольца.

Стандартные рекомендуемые посадки ЕСДП СЭВ для гладких цилиндрических соединений оказываются мало пригодными для соединения подшипника с валом из-за большой величины гарантированного натяга и значительного колебания его значения. Поэтому основная система допусков и посадок для гладких цилиндрических соединений применяется лишь для валов и корпусов под подшипники. Для самих подшипников предусмотрена специальная система допусков и предельных отклонений, которая имеет следующие отличия

1. Расположение поля допуска диаметра отверстия для подшипников отличается от основного отклонения Н, принятого для основных отверстий в системе допусков и посадок [поле расположено не вверх, т. е. в плюс («в тело»), а вниз от нулевой линии, т. е. в минус, что в большей степени соответствует основному отклонению К]. Расположение поля допуска наружного диаметра подшипников соответствует основному валу в системе допусков и посадок (отклонение h). Таким образом, диаметры наружного  $D_m$  и внутреннего  $d_m$  колец подшипника принимаются соответственно за основной вал, поле допуска которого обозначается hB, и основное отверстие — поле допуска KB (буква B означает подшипник от английского слова

Bearing). Схема расположения некоторых полей допусков приведена на рис. 10.1.

2. Числовые значения допусков диаметров для колец подшипников не соответствуют квалитетам по ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75).

3. В качестве основной характеристики размера кольца, учитываемой при расчете натягов или зазоров в посадке, принимают  $d_m$  или  $D_m$  (рис. 10.1):  $d_m = (d_{max} + d_{min})/2$  — средний диаметр отверстия внутреннего кольца, причем  $d_{max}$  и  $d_{min}$  — наибольшее и наименьшее значения диаметра  $d$ , определенные двух-

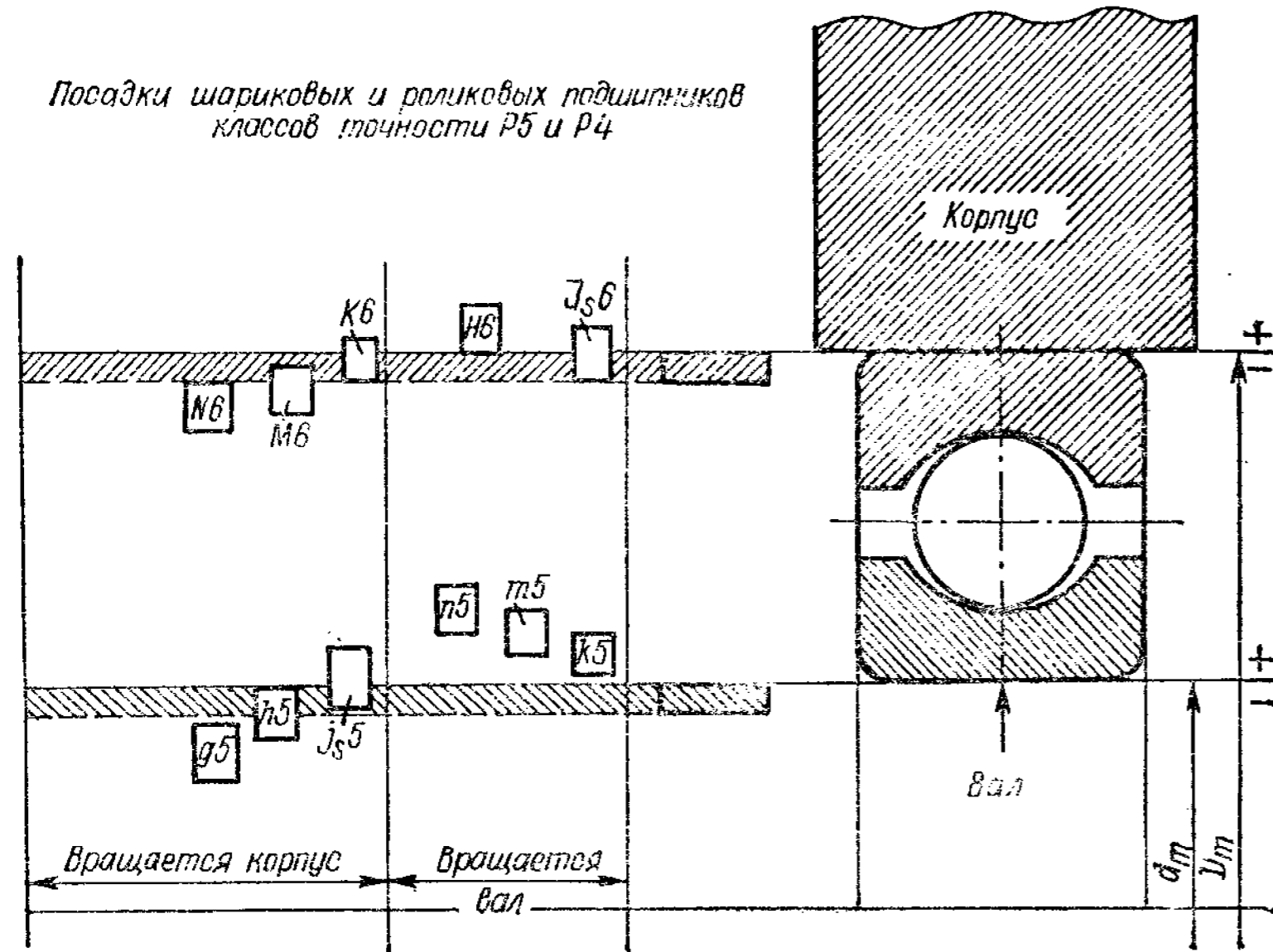


Рис. 10.1. Схема образования посадок по присоединительным

точечным измерением в одной радиальной плоскости (перпендикулярной к оси);  $D_m = (D_{max} + D_{min})/2$  — средний наружный диаметр наружного кольца, причем  $D_{max}$  и  $D_{min}$  — наибольшее и наименьшее значения диаметра  $D$ , определенные двухточечным измерением в одной радиальной плоскости (перпендикулярной к оси).

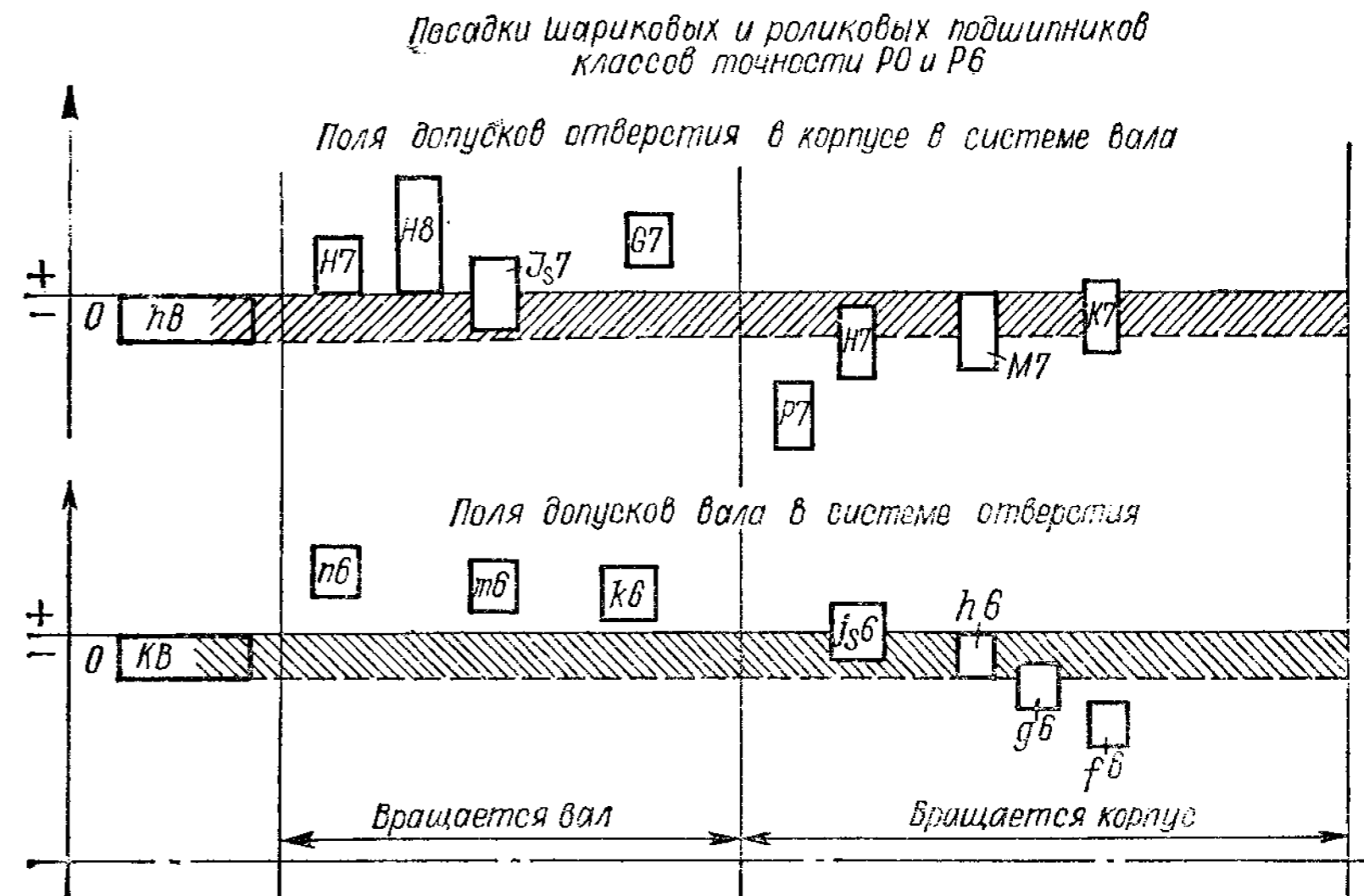
Предельные отклонения диаметров посадочных поверхностей подшипников качения приведены в табл. 10.1—10.4. Допуски диаметров подшипников установлены в нескольких классах точности.

В связи с тем что поля допусков колец подшипников по величинам допусков, а для внутреннего кольца и по расположению, отличаются от полей допусков основного отверстия и основного вала по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75), посадки подшипников характеризуются иными предельными натягами и зазорами по сравнению с посадками по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75). Так, если посадочное место (шейка) вала изготовлено с допуском по  $g_6$ , то соединение внутреннего кольца с валом происходит не по посадке с гарантированным зазором  $H/g$ , а по переходной посадке; если шейка вала изготовлена с допуском по  $k_6$ ,  $m_6$  или  $n_6$ , то соединение выполняется не по переходным посадкам, а по посадкам с небольшим натягом (рис. 10.1).

Справочные данные о натягах и зазорах в посадках подшипников качения класса точности P0 в сочетании с некоторыми полями допусков по СТ СЭВ 773—77 содержатся в табл. 10.5 и 10.6 [34] (в СТ СЭВ 773—77 эти данные не приведены).

**Выбор полей допусков и посадок.** Посадки для вращающихся колец подшипников характеризуются натягом, исключающим возможность обкатки и проскальзывания кольца по посадочной поверхности вала или отверстия в процессе работы под нагрузкой.

На основании этого отбор полей допусков из ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75) (табл. 10.7) для посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов, предназначенных для монтажа подшипников качения, выполнен при следующих условиях [97]: а) валы сплошные или полые тонкостенные ( $d/d_v \geq 1,25$ , где  $d$  — диаметр отверстия подшипника;  $d_v$  — диаметр отверстия полого вала); б) материал валов — сталь, а корпусов — сталь или чугун; в) температура, до которой подшипники нагреваются при работе, не превышает  $100^\circ\text{C}$ .



размерам подшипников качения на вал и в корпусе

При назначении полей допусков для посадок вала под внутреннее кольцо и отверстия корпуса под наружное кольцо подшипников качения необходимо учитывать:

а) вращается вал (внутреннее кольцо) или корпус (наружное кольцо); б) вид нагрузки; в) режим работы; г) тип и размеры подшипников; д) класс точности подшипника; е) скорость вращающегося кольца; ж) условия монтажа и эксплуатации и т. п.

При выборе полей допусков в зависимости от того, *вращается вал или корпус*, принимают, что неподвижное сопряжение следует обеспечить для вращающегося кольца. Второе кольцо подшипника, сопрягающееся с неподвижной частью машины, устанавливают в меньшем натягом или даже с небольшим зазором.

Выбор полей допусков в зависимости от *вида нагрузки* означает, что нужно учитывать вид нагружения колец подшипника: местное, циркуляционное или колебательное (рис. 10.2). Возможные виды нагружения колец шариковых и роликовых подшипников в зависимости от условий работы должны соответствовать табл. 10.8 [97]. При местном нагружении кольцо воспринимает радиальную нагрузку ограниченным участком окружности дорожки качения (например, невращающееся кольцо,

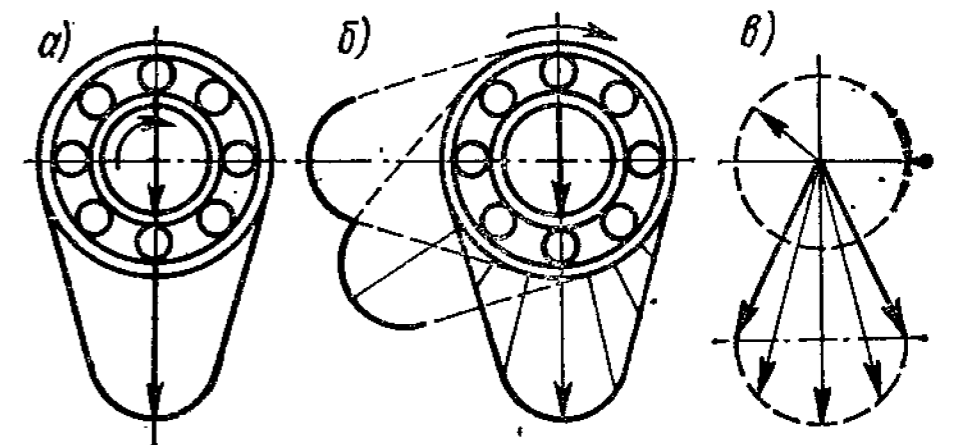


Рис. 10.2. Схемы различных видов нагружения колец подшипников качения; а — местное; б — циркуляционное; в — колебательное

Т а б л и ц а 10.1. Предельные отклонения \* диаметра отверстия внутренних колец  $d_m$  радиальных и радиально-упорных подшипников по СТ СЭВ 774—77

Интервал диаметров $d$ , мм	Класс точности подшипников					Интервал диаметров $d$ , мм	Класс точности подшипников				
	P0	P6	P5	P4	P2		P0	P6	P5	P4	P2
	Нижние предельные отклонения (EI) диаметра $d_m$ , мкм						Нижние предельные отклонения (EI) диаметра $d_m$ , мкм				
Св. 2,5 до 10	-8	-7	-5	-4	-2,5	Св. 50 до 80	-15	-12	-9	-7	-4
» 10 » 18	-8	-7	-5	-4	-2,5	» 80 » 120	-20	-15	-10	-8	-5
» 18 » 30	-10	-8	-6	-5	-2,5	» 120 » 180	-25	-18	-13	-10	-7
» 30 » 50	-12	-10	-8	-6	-2,5						

\* Верхние предельные отклонения (ES) равны нулю.

Т а б л и ц а 10.3. Предельные отклонения \* диаметров посадочных поверхностей роликовых конических подшипников по СТ СЭВ 774—77

Посадочная поверхность	Интервал диаметров, мм	Класс точности подшипников			Посадочная поверхность	Интервал диаметров, мм	Класс точности подшипников		
		P0	P6, P5	P4			P0	P6, P5	P4
		Нижние предельные отклонения (EI) диаметра (EI для $d_m$ и $e_i$ для $D_m$ ), мкм					Нижние предельные отклонения (EI) диаметра (EI для $d_m$ и $e_i$ для $D_m$ ), мкм		
Диаметр отверстия внутреннего кольца $d_m$	От 10 до 18	-8	-7	-5	Наружный диаметр наружного кольца $D_m$	От 18 до 30	-9	-6	-6
	» 18 » 30	-10	-8	-6		» 30 » 50	-11	-9	-7
	» 30 » 50	-12	-10	-8		» 50 » 80	-13	-11	-9
	» 50 » 80	-15	-12	-9		» 80 » 120	-15	-13	-10
	» 80 » 120	-20	-15	-10		» 120 » 150	-18	-15	-11
» 120 » 180	-25	-18	-13	» 150 » 180	-25	-18	-13		

\* Верхние предельные отклонения (ES для  $d_m$  и  $e_s$  для  $D_m$ ) равны нулю.

Т а б л и ц а 10.2. Предельные отклонения \* наружного диаметра наружных колец  $D_m$  радиальных и радиально-упорных (кроме конических) подшипников по СТ СЭВ 774—77

Интервал диаметров $D$ , мм	Класс точности подшипников					Интервал диаметров $D$ , мм	Класс точности подшипников				
	P0	P6	P5	P4	P2		P0	P6	P5	P4	P2
	Нижние предельные отклонения ( $e_i$ ) диаметра $D_m$ , мкм						Нижние предельные отклонения ( $e_i$ ) диаметра $D_m$ , мкм				
От 2,5 до 6	-8	-7	-5	-4	-2,5	Св. 50 до 80	-13	-11	-9	-7	-4
Св. 6 » 18	-8	-7	-5	-4	-2,5	» 80 » 120	-15	-13	-10	-8	-5
» 18 » 30	-9	-8	-6	-5	-4	» 120 » 150	-18	-15	-11	-9	-5
» 30 » 50	-11	-9	-7	-6	-4	» 150 » 180	-25	-18	-13	-10	-7

\* Верхние предельные отклонения ( $e_s$ ) равны нулю.

Т а б л и ц а 10.4. Предельные отклонения \* диаметров посадочных поверхностей упорных подшипников по СТ СЭВ 774—77

Интервал диаметров $d, d_1, D$ , мм	Тугое кольцо		Свободное кольцо		Интервал диаметров $d, d_1, D$ , мм	Тугое кольцо		Свободное кольцо									
	Класс точности подшипников					Класс точности подшипников											
	P0, P6, P5	P4, P2	P0, P6, P5, P4	P2		P0, P6, P5	P4, P2	P0, P6, P5, P4	P2								
До 18 Св. 18 до 30 » 30 » 50	-8 -10 -12	-7 -8 -10	-11 -13 -16	-8 -9 -11	Св. 50 до 80 » 80 » 120 » 120 » 180	-15 -20 -25	-12 -15 -18	-19 -22 -25	-13 -15 -20								
										Нижние предельные отклонения (EI) диаметра отверстия $d$ или $d_1$ , мкм		Нижние предельные отклонения (EI) наружного диаметра $D$ , мкм		Нижние предельные отклонения (EI) диаметра отверстия $d$ или $d_1$ , мкм		Нижние предельные отклонения (EI) наружного диаметра $D$ , мкм	

Примечание. Здесь  $d$  и  $d_1$  — диаметры отверстия тугого кольца соответственно одинарных и двойных упорных подшипников.

\* Верхние предельные отклонения (ES для  $d$  и  $d_1$  и  $e_s$  для  $D$ ) равны нулю.



**Т а б л и ц а 10.5. Предельные натяги и зазоры в посадках подшипников качения класса точности P0 на вал по ЕСДП СЭВ [34]**

Интервал диаметров $d_f$ , мм	Поле допуска вала														
	$f_6$	$g_6$	$h_5$	$h_6$	$J_{s5}$	$i_5$	$J_{s6}$	$i_6$	$k_5$	$m_5$	$m_6$	$n_5$	$n_6$	$p_6$	
	Предельные натяги и зазоры в посадке, мкм														
До 3	2 -12	6 -8	8 -4	8 -6	10 -2	10 -2	11 -3	12 -2	12 0	14 2	14 2	16 4	16 4	20 6	
Св. 3 до 6	-2 -18	4 -2	8 -5	8 -8	10,5 -2,5	11 -2	12 -4	14 -2	14 1	17 4	17 4	20 8	21 8	28 12	
Св. 6 до 10	-5 -22	3 -14	8 -6	8 -9	11 -3	12 -2	12,5 -4,5	15 -2	15 1	20 6	20 6	24 10	24 10	32 15	
Св. 10 до 18	-8 -27	2 -17	8 -8	8 -11	12 -4	13 -3	13,5 -5,5	16 -3	17 1	23 7	23 7	28 12	28 12	37 18	
Св. 18 до 30	-10 -33	3 -20	10 -9	10 -13	14,5 -4,5	15 -4	16,5 -6,5	19 -4	21 2	27 8	27 8	34 15	34 15	45 22	
Св. 30 до 50	-13 -41	3 -25	12 -11	12 -16	17,5 -5,5	18 -5	20 -8	23 -5	25 2	32 9	32 9	40 17	40 17	54 26	
Св. 50 до 80	-15 -19	5 -29	15 -13	15 -19	21,5 -6,5	21 -7	24,5 -9,5	27 -7	30 2	39 11	39 11	48 20	48 20	66 32	
Св. 80 до 120	-16 -58	8 -34	20 -15	20 -22	27,5 -7,5	26 -9	31 -11	33 -9	38 3	48 13	48 13	58 23	58 23	79 37	
Св. 120 до 180	-18 -68	11 -39	25 -18	25 -25	34 -9	32 -11	37,5 -12,5	39 -11	46 3	58 15	58 15	70 27	70 27	93 43	

Примечание. Зазоры указаны со знаком минус, остальное — натяги.

**Т а б л и ц а 10.6. Предельные натяги и зазоры в посадках подшипников качения класса точности P0 в отверстие корпуса по ЕСДП СЭВ [34]**

Интервал диаметров $D$ , мм	Поле допуска отверстия в корпусе																	
	$E_6$	$G_7$	$H_6$	$H_7$	$H_8$	$H_9$	$J_{s6}$	$J_6$	$J_{s7}$	$J_7$	$K_6$	$K_7$	$M_6$	$M_7$	$N_6$	$N_7$	$P_6$	$P_7$
	Предельные натяги и зазоры в посадке, мкм																	
Св. 3 до 6	-20 -46	-4 -24	0 -16	0 -20	0 -26	0 -38	4 -12	3 -13	6 -14	6 -14	6 -10	9 -11	9 -7	12 -8	13 -3	16 -4	17 -1	20 0
Св. 6 до 10	-25 -55	-5 -28	0 -17	0 -23	0 -30	0 -44	4,5 -12,5	4 -13	7 -15	7 -16	7 -10	10 -13	12 -5	15 -8	16 -1	19 -4	21 -4	24 1
Св. 10 до 16	-32 -67	-6 -32	0 -19	0 -26	0 -35	0 -51	5,5 -13,5	5 -14	9 -17	8 -18	9 -10	12 -14	15 -4	16 -8	20 1	23 -3	26 7	29 3
Св. 16 до 30	-40 -82	-7 -37	0 -22	0 -30	0 -42	0 -61	6,5 -15,5	5 -17	10 -19	9 -21	11 -15	15 -5	17 -5	21 -9	24 2	28 -2	31 9	35 5
Св. 30 до 50	-50 -100	-9 -45	0 -27	0 -36	0 -50	0 -73	8 -19	6 -21	12 -23	11 -25	13 -14	18 -18	20 -7	25 -11	28 1	33 -3	37 10	42 6
Св. 50 до 80	-60 -119	-10 -53	0 -32	0 -43	0 -59	0 -87	9,5 -22,5	6 -26	15 -28	12 -31	15 -17	21 -22	24 -8	30 -13	33 1	39 -4	45 13	51 8
Св. 80 до 120	-72 -141	-12 -62	0 -37	0 -50	0 -69	0 -102	11 -26	6 -31	17 -32	13 -37	18 -19	25 -25	28 -9	35 -15	38 1	45 -5	52 15	59 9
Св. 120 до 150	-85 -166	-14 -72	0 -43	0 -58	0 -81	0 -118	12,5 -30,5	7 -36	20 -38	14 -44	21 -30	28 -10	33 -10	40 -18	45 2	52 -6	61 18	68 10
Св. 150 до 180	-85 -173	-14 -79	0 -50	0 -65	0 -88	0 -125	12,5 -37,5	7 -43	20 -45	14 -51	21 -29	28 -17	33 -17	40 -25	45 -5	52 -13	61 11	68 3

Примечание. Зазоры указаны со знаком минус, остальное — натяги.



Т а б л и ц а 10.7. Поля допусков подшипников качения

Класс точности подшипников	Обозначение по ОСТ		Обозначение полей допусков по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75)	
	Поле допуска	Посадка	Вал	Отверстие
P0; P6	—	—	г6; г7; p6	—
	P7	P7	—	P7
	Г	Г <sub>п</sub>	n6	N7
	Т	Т <sub>п</sub>	m6	M7
	Н	Н <sub>п</sub>	k6	K7
	П	П <sub>п</sub>	j <sub>s</sub> 6; (j6)	J <sub>s</sub> 7; (J7)
	С	С <sub>п</sub>	h6	H7
	—	С <sub>2ап</sub>	h7	—
	B <sub>3</sub> = C <sub>3</sub>	С <sub>3п</sub>	h8; h9	H8; H9
	B <sub>3а</sub> = C <sub>3а</sub>	—	h10	—
	B <sub>4</sub> = C <sub>4</sub>	С <sub>4п</sub>	h11	—
	Д	Д <sub>п</sub>	g6	G7
	—	—	l6	—
Х	Х <sub>п</sub>	—	—	
—	—	—	E8	
P5; P4; P2	Г <sub>1</sub>	Г <sub>1п</sub>	n4; n5	P6
	Т <sub>1</sub>	Т <sub>1п</sub>	m4; m5	N6
	Н <sub>1</sub>	Н <sub>1п</sub>	k4; k5	M5; M6
	—	—	j <sub>s</sub> 3	K5; K6
	П <sub>1</sub>	П <sub>1п</sub>	j <sub>s</sub> 4; j <sub>s</sub> 5; (j5)	J <sub>s</sub> 4
	—	—	h3	J5; J <sub>s</sub> 6; (J6)
С <sub>1</sub>	С <sub>1п</sub>	h4; h5	H4	
Д <sub>1</sub>	Д <sub>1п</sub>	g4; g5	H5; H6	
—	—	—	G6	

Примечание. В скобках приведены поля допусков ограниченного применения.

Т а б л и ц а 10.8. Виды нагружения колец шариковых и роликовых подшипников в зависимости от условий работы

Радиальные нагрузки, воспринимаемые шарико- и ролико-подшипниками	Условия работы		Виды нагружения	
	Какое кольцо вращается	Какого направления	внутреннего кольца	наружного кольца
Постоянная по направлению	Внутреннее	Внутреннее	Циркуляционное	Местное
	Наружное	Наружное	Местное	Циркуляционное
Постоянная по направлению и вращающаяся — меньшая по величине	Внутреннее	Внутреннее	Циркуляционное	Колебательное
	Наружное	Наружное	Колебательное	Циркуляционное
Постоянная по направлению и вращающаяся — большая по величине	Внутреннее	Внутреннее	Местное	Циркуляционное
	Наружное	Наружное	Циркуляционное	Местное
Постоянная по направлению Вращающаяся с внутренним кольцом Вращающаяся с наружным кольцом	Внутреннее и наружное в одном или противоположных направлениях	Внутреннее	Циркуляционное	Циркуляционное
		Наружное	Местное	То же
			Циркуляционное	Местное

Т а б л и ц а 10.9. Поля допусков для установки шариковых и роликовых подшипников качения по ГОСТ 3325—55 (СТ СЭВ 773—77)

Вид нагружения колец	Поля допусков			
	вала под внутреннее кольцо подшипника		отверстия корпуса (под наружное кольцо подшипника)	
	по ОСТ	по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75)	по ОСТ	по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75)
<i>Радиальные подшипники</i>				
Местное	П <sub>1</sub> ; П; С <sub>1</sub> ; С; Д; Х	h5; h6; j <sub>s</sub> 5; j <sub>s</sub> 6; g6; l6	П <sub>1</sub> ; П; С <sub>1</sub> ; С; С <sub>3</sub> ; Д	H6; H7; H8; J <sub>s</sub> 6; J <sub>s</sub> 7; G7
Циркуляционное	Г <sub>1</sub> ; Т <sub>1</sub> ; Н <sub>1</sub> ; П <sub>1</sub> ; Г; Т; Н; П	n6; m6; k6; j <sub>s</sub> 6; n5; m5; k5; j <sub>s</sub> 5	Г <sub>1</sub> ; Т <sub>1</sub> ; Н <sub>1</sub> ; Г; Р7; Т; Н	K7; M7; N7; P7; K6; M6; N6
Колебательное	П <sub>1</sub> ; П	j <sub>s</sub> 6; j <sub>s</sub> 5	П <sub>1</sub> ; П	J <sub>s</sub> 7; J <sub>s</sub> 6

на которое действует постоянная по направлению нагрузка). При циркуляционном нагружении кольцо воспринимает нагрузку последовательно всей окружностью дорожки качения (например, вращающееся кольцо, на которое действует постоянная по направлению нагрузка). При колебательном нагружении кольцо воспринимает радиальную нагрузку ограниченным участком дорожки качения, по направлению нагрузки за один оборот колеблется в пределах некоторого угла (например, невращающееся кольцо, на которое действуют две радиальные нагрузки: постоянная по направлению и вращающаяся, но меньшая по величине, чем первая). При посадке подшипника качения одно кольцо обычно соединяется с натягом, а второе — с небольшим зазором или по переходной посадке. С зазором или по переходной посадке устанавливается неподвижное кольцо, испытывающее местное нагружение. Это кольцо в процессе эксплуатации постепенно проворачивается относительно присоединенной детали, радиальное усилие при этом воспринимается новыми участками дорожки качения, благодаря чему изнашивание дорожки происходит более равномерно и долговечность подшипника повышается. Вращающееся кольцо, испытывающее циркуляционное или колебательное нагружение, требует, как правило, неподвижного соединения его с валом или корпусом. Посадки на вал и в корпус в зависимости от вида нагружения колец подшипников приведены в табл. 10.9 [97].

При выборе полей допусков в зависимости от режима работы подшипника различают режимы: легкий, нормальный, тяжелый и особые условия (табл. 10.10). Под режимом работы понимают сочетание условий, при которых работает подшипник: величину и характер нагружения (удары, вибрация, согревания и т. п.), рабочую температуру, защищенность от воздействия внешней среды, продолжительность непрерывной работы (табл. 10.10) и т. п.

Вид нагружения колец	Поля допусков			
	вала под внутреннее кольцо подшипника		отверстия корпуса (под наружное кольцо подшипника)	
	по ОСТ	по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75)	по ОСТ	по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75)
<i>Радиально-упорные подшипники</i>				
Циркуляционное (нерегулируемые кольца)	<i>G; T; H; P</i>	<i>п6; m6; k6; js6</i>	<i>G; T; H; P; P7</i>	<i>N7; M7; K7; Js7; P7</i>
Местное (регулируемые кольца)	<i>D; X; C</i>	<i>g6; h6</i>	<i>C</i>	<i>H7</i>
Местное (нерегулируемые и регулируемые кольца, не перемещающиеся на посадочной поверхности)	<i>P; C</i>	<i>js6; h6</i>	<i>T; H; C</i>	<i>M7; K7; H7</i>
<p><b>Примечания:</b> 1. При частотах вращения, превышающих предельные (указанные в типоразмерных стандартах), для местно нагруженных колец радиальных подшипников следует применять поле допуска <i>P</i> (<i>js6</i> — для вала; <i>Js7</i> — для отверстия). 2. Поле допуска <i>P7</i> рекомендуется для установки наружного кольца радиально-упорных подшипников в тонкостенных корпусах. 3. Для упорных шариковых и роликовых подшипников всех типов следует применять поле допуска <i>P</i> (<i>js6</i> — для вала; <i>Js7</i> — для отверстия).</p>				

Таблица 10.10. Режимы работы подшипников качения по ГОСТ 3325—55 (СТ СЭВ 773—77)

Режим работы	Расчетная долговечность *, ч	Расчетная календарная долговечность (при 8-часовой работе подшипника в сутки), лет	Режим работы	Расчетная долговечность *, ч	Расчетная календарная долговечность (при 8-часовой работе подшипника в сутки), лет
Легкий	Св. 10 000	Св. 4	Тяжелый	Св. 2 500	Св. 1 до 2
Нормальный	» 5 000 до 10 000	» 2 до 4	Особые условия **	—	—
<p><b>Примечание.</b> При ударных и вибрационных нагрузках (например, в железнодорожных и трамвайных буксах, на коленчатых валах двигателей, в дробильных машинах и т. п.) посадки для подшипников выбираются как для тяжелого режима работы, независимо от расчетной долговечности.</p> <p>* Под расчетной долговечностью подшипников качения понимают время в рабочих часах, в течение которого не менее 90% испытываемых подшипников данной группы при одинаковых условиях должны работать без появления признаков усталости металла. К характерным признакам усталости относится выкрашивание металла на рабочих поверхностях деталей (раковины или отслаивание металла).</p> <p>** Посадки подшипников выбираются по согласованию с заводами, изготавливающими подшипники.</p>					

В зависимости от класса точности подшипника, определяющего характер требуемого соединения, поля допусков выбирают следующим образом<sup>1</sup>.

1. Поля допусков валов выбирают по системе отверстия:  
 а) для подшипников классов точности 5; 4; 2 — *G<sub>1</sub>; T<sub>1</sub>; H<sub>1</sub>; P<sub>1</sub>; C<sub>1</sub>; D<sub>1</sub>* [*п4; п5; m4; m5; k4; k5; js3; js4; js5; (js); h3, h4; h5; g4; g5* по СТ СЭВ 144—75];  
 б) для подшипников классов точности 0; 6 — *G; T; H; P; C; D; X* [*г6; г7; p6; п6; m6; k6; js6; (j6); h6; h7; h8; h9; h10; h11; g6; f6* по СТ СЭВ 144—75].

Для подшипников на закрепительных или стяжных втулках выбирают поля допусков валов *B<sub>3</sub>* (*h8; h9* по СТ СЭВ 144—75), а в узлах, не требующих точного вращения, — *B<sub>3a</sub>; B<sub>4</sub>* (*h10; h11* по СТ СЭВ 144—75).

2. Поля допусков отверстий корпусов выбирают по системе вала:  
 а) для подшипников классов точности 5; 4; 2 — *G<sub>1</sub>; T<sub>1</sub>; H<sub>1</sub>; P<sub>1</sub>; C<sub>1</sub>* [*P6; N6; M5; M6; K5; K6; Js4; Js5; Js6; (J6); H4; H5; H6; G6* по СТ СЭВ 144—75];  
 б) для подшипников классов точности 0; 6 — *G; T; H; P; C; D; C<sub>3</sub>*, для тонкостенных корпусов (табл. 10.11) — *P7* [*P7; N7; M7; K7; Js7; (J7); H7; H8; H9; G7; E8* по СТ СЭВ 144—75].

Таблица 10.11. Предельные отклонения отверстий тонкостенных корпусов для подшипников (по системе ОСТ)

Интервалы номинальных диаметров <i>D</i> , мм	Предельные отклонения отверстия корпуса, мкм		Интервалы номинальных диаметров <i>D</i> , мм	Предельные отклонения отверстия корпуса, мкм	
	Верхнее	Нижнее		Верхнее	Нижнее
До 18	—11	—29	Св. 180 до 250	—33	—79
Св. 18 до 30	—14	—35	» 250 » 260	—36	—88
» 30 » 50	—17	—42	» 260 » 315	—36	—88
» 50 » 80	—21	—51	» 315 » 360	—41	—98
» 80 » 120	—24	—59	» 360 » 400	—41	—98
» 120 » 150	—28	—68	» 400 » 500	—45	—108
» 150 » 180	—28	—68			

Рекомендации (с некоторыми изменениями по сравнению с рекомендациями СТ СЭВ 773—77) по выбору полей допусков для посадок подшипников различных типов, размеров и классов точности в зависимости от вида нагружения колец и режима работы приведены в табл. 10.12 и 10.13.

Прочность соединения кольца с валом или корпусом (натяги в посадке) должна быть тем больше, чем тяжелее режим работы подшипника, характеризуемый расчетной долговечностью, и чем больше его размеры. Для роликовых подшипников назначают более прочные посадки, чем для шариковых.

Шероховатость и точность геометрической формы посадочных поверхностей. Параметры шероховатости посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов при осуществлении посадок, предусмотренных стандартом [97], приведены в табл. 10.14.

Допускаемые отклонения формы посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов для подшипников качения приведены в табл. 10.15 и 10.16.

Обозначения посадок на чертежах. Посадки для подшипников качения следует указывать только на сборочных чертежах [97]. На рис. 10.3, а приведен пример обозначений посадок наружного и внутреннего колец подшипника. На рабочих чертежах деталей подшипников качения (вала, отверстия корпуса) указывают поля допусков посадочных поверхностей (рис. 10.3, б, в) по правилам, установленным ЕСКД и ЕСПД СЭВ.

<sup>1</sup> Допуски и посадки по системе ОСТ в действующей нормативно-технической и ранее разработанной технической документации допускается сохранять на период, согласованный министерством (ведомством)-изготовителем с министерствами (ведомствами)-потребителями и заказчиками.

Т а б л и ц а 10.12. Рекомендации по выбору полей допусков в посадках подшипников качения на вал [30]

Условия, определяющие выбор полей допусков		Разно- видность подшипников	Диаметр от- верстия под- шипника $d$ , мм	Класс точности подшипников		Примеры машин и подшипни- ковых узлов
Вид нагру- жения	Режим работы			P0; P6	P5; P4	
<i>Радиальные и радиально-упорные подшипники</i>						
Местные нагру- жение внутреннего кольца (вращающийся корпус)	Легкий и нор- мальный, требу- ется перемеще- ние внутреннего кольца на валу ( $P < 0,07C$ )	Шари- ковые и роли- ковые	Все диаметры	g6; (h6)	(g5); h5; g4	Ролики ленточных транспор- тов, конвейеров, подвесных дорог; барабаны самописцев; опоры вод- ных передач
	Нормальный и тяжелый; не тре- буется перемеще- ние кольца на валу ( $0,07C < P < 0,15C$ )					
Циркуляцион- ное (вращающий- ся вал)	Легкий и нор- мальный ( $0,07C < P < 0,15C$ )	Шари- ковые	До 100	k6; j <sub>6</sub>	h5 *; k5; j <sub>5</sub> ; (j5)	Гиромоторы и малогабаритные электроприборы, внутришлифо- вальные шпиндели и электро- шпиндели, сельскохозяйственные машины, центрифуги, газотурбин- ные двигатели, центробежные на- сосы, редукторы коробок скоро- стей станков, цепные передачи, турбохолодильники
			Св. 100 до 140 » 140 » 250	k6; h6; j <sub>6</sub> ; (j6) m6	—	
		Ролико- вые	До 40 Св. 40 до 140 » 140 » 250	k6; j <sub>6</sub> k6; h6; j <sub>6</sub> ; (j6) m6	k5; j <sub>5</sub> ; (j5) k5	

Продолжение табл. 10.12

Условия, определяющие выбор полей допусков		Разно- видность подшипников	Диаметр от- верстия под- шипника $d$ , мм	Класс точности подшипников		Примеры машин и подшипни- ковых узлов
Вид нагру- жения	Режим работы			P0; P6	P5; P4	
Циркуляцион- ное или колеба- тельное (враща- ющийся вал или случай комбини- рованного нагру- жения)	Нормальный и тяжелый ( $0,07C < P < 0,15C$ )	Шари- ковые	До 100	k6; j <sub>6</sub>	j <sub>5</sub> *; (j5); k5	Деревообделочные машины, электродвигатели мощностью до 100 кВт, кривошипно-шатунные механизмы коробки передач авто- мобилей и тракторов, шпиндели металлорежущих станков, круп- ные редукторы, тяговые электро- двигатели малой мощности, вен- тильаторы, турбокомпрессоры
			Св. 100 до 140 » 140 » 250	m6 п6	m5 п5	
		Ролико- вые	До 40 Св. 40 до 100 » 100 » 200 » 200 » 250	k6; j <sub>6</sub> m6 п6; p6 ** п6; p6	k5 m5 п5	
Циркуляцион- ное или колеба- тельное (враща- ющийся вал)	Тяжелый с ударными на- грузками ( $P > 0,15C$ )	Ролико- вые	Св. 50 до 100 » 100 » 140 » 140 » 250	p6 п6; p6 ** p6; r6 **; r7 **	— — —	Железнодорожные и трамвай- ные буксы, коленчатые валы дви- гателей, электродвигатели мощ- ностью св. 100 кВт, крупные тя- говые электродвигатели, ходовые колеса мостовых кранов, ролики рольгангов тяжелых станков, дро- бильные машины, буксы тепло- возов и электровозов, дорожные машины, экскаваторы, манпуля- торы прокатных станков, шаровые дробилки, вибраторы, грохоты, инерционные транспортеры
Нагрузка исключительно осевая		Шари- ковые и роли- ковые	Все диаметры	j <sub>6</sub> ; (j6)	—	Все подшипниковые узлы

Условия, определяющие выбор полей допусков		Разновидность подшипников	Диаметр отверстия подшипника $d$ , мм	Класс точности подшипников		Примеры машин и подшипниковых узлов
Вид нагружения	Режим работы			P0; P <sub>6</sub>	P5; P4	
<b>Подшипники на закрепительных втулках</b>						
Все типы грузов	Тяжелые ударными нагрузками ( $P > 0,15C$ )	Все подшипники	Все диаметры	h8; h7; h9	—	Железнодорожные и трамвайные буксы, буксы тяжелонагруженных транспортных устройств металлургического производства
	Нормальный ( $0,07C < P \leq 0,15C$ )					
<b>Упорные подшипники</b>						
Нагрузка исключительно осевая		Упорные одинарные	Все диаметры	i <sub>s</sub> 6; (j6)	—	
		Упорные двойные				
Колебательное	Нагрузки осевая и радиальная, действующие одновременно	Упорные сферические роликами	До 200 Св. 200 до 250	k6 m6	—	Все подшипниковые узлы

Примечания: 1. Здесь  $P$  — эквивалентная нагрузка;  $C$  — динамическая грузоподъемность. 2. Допускается обозначение классов точности подшипников 0; 6; 5; 4; 2 [107]. 3. В скобках указаны поля допусков ограниченного применения.

\* При  $d$  до 18 мм.  
\*\* Для сферических подшипников.

Таблица 10.13. Рекомендации по выбору полей допусков в посадках подшипников качения в корпус [30]

Тип корпуса	Условия, определяющие выбор полей допусков	Режим работы подшипника	Класс точности подшипников		Примеры машин и подшипниковых узлов	
			P0; P6	P5; P4		
Цельный	Вид нагружения:  Особенности работы наружного кольца	Наружное кольцо не перемещается в осевом направлении	P7	N7	P6	Колеса самолетов лереди, колеса автомобилей на конических подшипниках, ведущие барабаны гусеничных машин, колеса башенных подъемных кранов Передние колеса автомобилей и тягачей на шарикоподшипниках, колчатые валы, канатные и натяжные шкивы Ролики ленточных транспортеров, колеса мостовых подъемных кранов
Цельный	Циркуляционное нагружение наружного кольца (вращающийся корпус)	Наружное кольцо не перемещается в осевом направлении	M7	K6; J <sub>s</sub> 6; (J6); M6	M7	Электродвигатели, в том числе тяговые  Электродвигатели, насосы, коробки передач, задние мосты автомобилей и тягачей Шпиндели тяжелых станков
Цельный	Колебательное (вращающийся корпус или случай комбинированного вращения)	Наружное кольцо не перемещается в осевом направлении	M7	K7	M7	Электродвигатели, в том числе тяговые  Электродвигатели, насосы, коробки передач, задние мосты автомобилей и тягачей Шпиндели тяжелых станков

**Радиальные подшипники**

Тяжелый, конструция тонкостенная ( $P > 0,15C$ )  
Нормальный и тяжелый ( $0,07 < P \leq 0,15C$ )  
Нормальный, нагрузка переменная ( $P \leq 0,15C$ )  
Тяжелый, нагрузка динамическая ( $P > 0,15C$ )  
Нормальный и тяжелый ( $0,07C < P \leq 0,15C$ )  
Нормальный и тяжелый (для точных узлов) ( $0,07C < P \leq 0,15C$ )



Тип корпуса	Условия, определяющие выбор полей допусков		Класс точности подшипников		Примеры машин и подшипниковых узлов	
	Вид нагружения	Особенности работы наружного кольца	Режим работы подшипника	Р0; Р6 Рекомендуемые поля допусков		Р5; Р4 Рекомендуемые поля допусков
Цельный или съемный	Колебательное (вращающийся вал или случай комбинированного вращения)	Наружное кольцо не перемещается в осевом направлении	Нагрузки переменные по величине и направлению, высокая точность хода ( $P \leq 0,15C$ )	K6	K5; M5	Роликоподшипники цилиндрические для шпинделей станков
			Наружное кольцо легко перемещается в осевом направлении	Легкий, нагрузка переменного направления, высокая точность хода ( $P \leq 0,07C$ )	H6	J <sub>5</sub> ; J <sub>5</sub>
Цельный или съемный	Местное нагружение наружного кольца (вращающийся вал)	Наружное кольцо имеет возможность перемещения в осевом направлении	Тяжелый и нормальный ( $0,07C < P \leq 0,15C$ )	J <sub>5</sub> ; (J7)	J <sub>5</sub> ; (J6)	Электродвигатели, насосы, шпиндели металло-режущих станков
			Нагрузка динамической величины ( $P > 0,15C$ )	J <sub>5</sub> ; (J7); H7	—	Колесные пары железно-дорожного транспорта и трамваев, большое устройство подшипниковых узлов общего машиностроения
			Нормальный или легкий, теплоотдача через вал ( $0,07C < P \leq 0,15C$ )	G7	—	Сушильные цилиндры бумагоделательных машин
				H8	—	Трансмиссионные валы, сельскохозяйственные машины

Продолжение табл. 10.13

Тип корпуса	Условия, определяющие выбор полей допусков		Класс точности подшипников		Примеры машин и подшипниковых узлов	
	Вид нагружения	Особенности работы наружного кольца	Р0; Р6 Рекомендуемые поля допусков	Р5; Р4 Рекомендуемые поля допусков		
Цельный	Нагрузка исключительно осевая	Наружное кольцо имеет возможность перемещения в корпусе	Нормальный ( $0,07C < P \leq 0,15C$ )	E8	—	Все типы упорных подшипников
			Тяжелый ( $P > 0,15C$ )	H8; H9 G7	H6 G6	Подшипники шариковые Подшипники роликовые конические
			Тяжелый и нормальный; нагрузки осевые и радиальные ( $0,07C < P \leq 0,15C$ )	J <sub>5</sub> ; (J7)	—	Подшипники упорные со сферическими роликами общего применения
	Местное нагружение (вращающийся вал)		Тяжелый, нагрузки осевые и радиальные ( $P > 0,15C$ )	K7	—	Тяжелые станки (карусельные)
	Циркуляционное нагружение (вращающийся корпус)		Тяжелый, нагрузки радиальные ( $P > 0,15C$ )	M7	—	Вертикальные валы турбин

## Упорные подшипники

Примечание. См. примечания к табл. 10.12.

**Т а б л и ц а 10.14. Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов для подшипников качения по ГОСТ 3325—55 (СТ СЭВ 773—77)**

Посадочная поверхность	Класс точности шариковых и роликовых подшипников	Номинальный диаметр поверхности, мм	
		До 80	Св. 80 до 500
		Параметр шероховатости поверхности $R_a$ по ГОСТ 2789—73*, мкм, не более	
Вал	P0 P6; P5 P4	1,25 0,63 0,32	2,5 1,25 0,63
Отверстие корпуса	P0 P6; P5; P4	1,25 0,63	2,5 1,25
Торцы заплечиков валов и корпусов	P0 P6; P5; P4	2,5 1,25	2,5 2,5

*Примечание.* Параметр шероховатости посадочных поверхностей валов для шариковых и роликовых подшипников на закрепительных или закрепительно-стяжных (буксовых) втулках должен быть  $R_a \leq 2,5$  мкм по ГОСТ 2789—73\*.

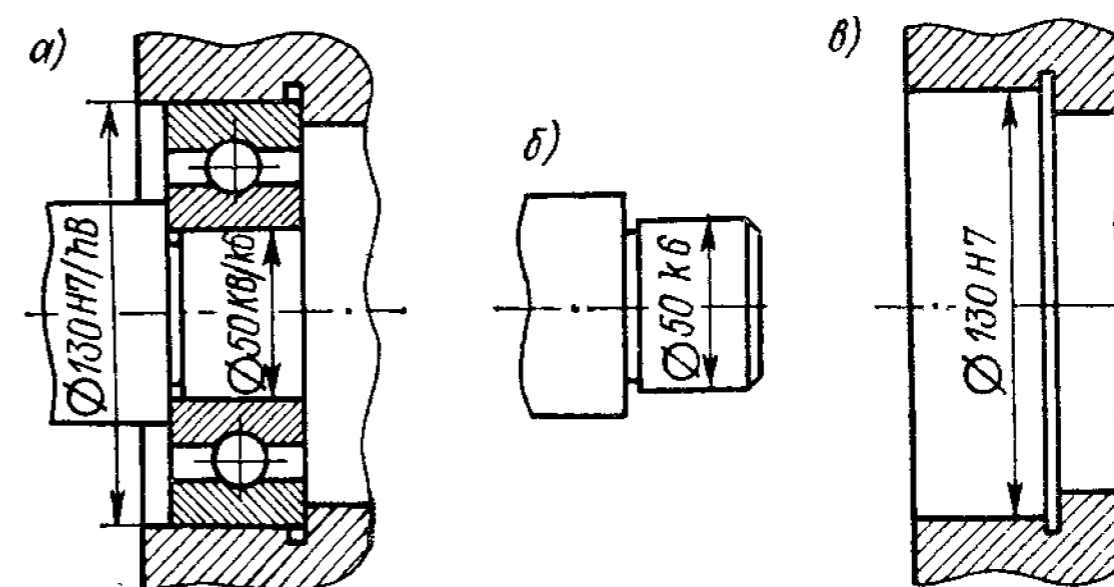
**Т а б л и ц а 10.15. Допускаемое биение заплечиков (выступов) валов и отверстий корпусов для подшипников качения**

Номинальные диаметры валов, мм	Класс точности шариковых и роликовых подшипников			
	P0	P6	P5	P4
Допускаемое биение, мкм, не более				
<i>Биение заплечиков валов</i>				
До 50	20	10	7	4
Св. 50 до 120	25	12	8	6
» 120 » 250	30	15	10	8
» 250 » 315	35	17	12	—
» 315 » 400	40	20	13	—
<i>Биение заплечиков отверстий корпусов</i>				
До 80	40	20	13	8
Св. 80 до 120	45	22	15	9
» 120 » 150	50	25	18	10
» 150 » 180	60	30	20	12
» 180 » 250	70	35	23	14
» 250 » 315	80	40	27	16
» 315 » 400	90	45	30	—
» 400 » 500	100	50	33	—

**Т а б л и ц а 10.16. Допускаемые отклонения формы посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов для подшипников качения по ГОСТ 3325—55 (СТ СЭВ 773—77)**

Установка подшипников	Классы точности подшипников или поля допусков посадочных поверхностей валов по ЕСДП	Допускаемые отклонения, не более	
		Овальность	Конусообразность*
1. На вал и в отверстие корпуса	P0; P6 P5; P4	0,5 $\delta$ ** 0,25 $\delta$ **	0,5 $\delta$ 0,25 $\delta$
2. На закрепительных или закрепительно-стяжных (буксовых) втулках	h8; h9; h10; h11 ( $B_3$ ; $B_{3a}$ ; $B_4$ по ОСТ)	0,25 $\delta$ **	0,25 $\delta$

*Примечание.* Здесь  $\delta$  — допуск диаметра посадочной поверхности вала или отверстия корпуса.  
\* Разность диаметров посадочной поверхности в крайних сечениях.  
\*\* В любом сечении посадочной поверхности.



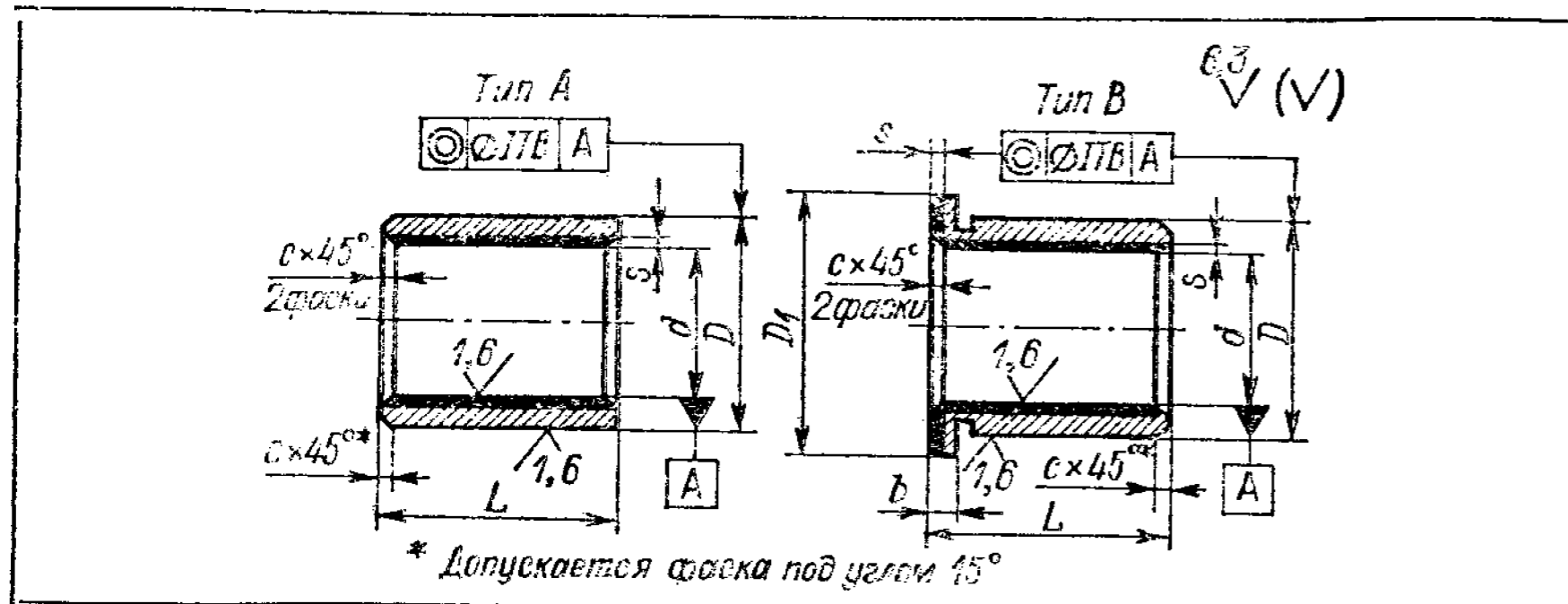
**Рис. 10.3.** Обозначения посадок для подшипников качения на чертежах: а — на сборочных; б, в — на рабочих чертежах деталей

## 10.2. Подшипники скольжения

**Общие сведения.** Подшипники скольжения имеют следующие преимущества: малые размеры, возможность применения разъемных подшипников, высокую частоту вращения (100 000 об/мин и более), возможность работы в воде и других агрессивных

Таблица 10.17. Основные размеры биметаллических втулок (типы А и В) для подшипников скольжения по ГОСТ 24832—81 (СТ СЭВ 1008—78) мм

Продолжение табл. 10.17



d	D	D <sub>1</sub>	L			b	c	s
			1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд			
20	26	32	15	20	30	3	0,5	От 0,4 до 0,8
22	28	34	15	20	30	3	0,5	» 0,4 » 0,8
25	32	38	20	30	40	4	0,5	» 0,4 » 0,8
28	36	42	20	30	40	4	0,5	» 0,4 » 0,8
30	38	44	20	30	40	4	0,5	» 0,4 » 0,8
32	40	46	20	30	40	4	0,8	» 0,4 » 0,8
(34)	42	48	20	30	40	5	0,8	» 0,4 » 0,8
35	45	50	30	40	50	5	0,8	» 0,5 » 1,0
38	48	54	30	40	50	5	0,8	» 0,5 » 1,0
40	50	58	30	40	60	5	0,8	» 0,5 » 1,0
42	52	60	30	40	60	5	0,8	» 0,5 » 1,0
45	55	63	30	40	60	5	0,8	» 0,5 » 1,0
48	58	66	40	50	60	5	0,8	» 0,5 » 1,0
50	60	68	40	50	60	5	0,8	» 0,5 » 1,0
(53)	63	71	40	50	60	5	0,8	» 0,5 » 1,0
55	65	73	40	50	70	5	0,8	» 0,5 » 1,0
60	75	83	40	60	80	7,5	0,8	» 0,9 » 1,5
(63)	78	86	40	60	80	7,5	0,8	» 0,9 » 1,5
65	80	88	50	60	80	7,5	1,0	» 0,9 » 1,5
70	85	95	50	70	90	7,5	1,0	» 0,9 » 1,5
75	90	100	50	70	90	7,5	1,0	» 0,9 » 1,5
80	95	105	60	80	100	7,5	1,0	» 0,9 » 1,5
85	100	110	60	80	100	7,5	1,0	» 0,9 » 1,5
90	110	120	60	80	120	10	1,0	» 0,9 » 1,5
95	115	125	60	100	120	10	1,0	» 0,9 » 1,5
100	120	130	80	100	120	10	1,0	» 0,9 » 1,5
105	125	135	80	100	120	10	1,0	» 0,9 » 1,5
110	130	140	80	100	120	10	1,0	» 0,9 » 1,5
120	140	150	100	120	150	10	1,0	» 0,9 » 1,5
(125)	145	155	100	120	150	10	1,0	» 0,9 » 1,5
130	150	160	100	120	150	10	2,0	» 1,0 » 1,8
140	160	170	100	150	180	10	2,0	» 1,0 » 1,8
150	170	180	120	150	180	10	2,0	» 1,0 » 1,8
160	185	200	120	150	180	12,5	2,0	» 1,0 » 1,8
170	195	210	120	180	200	12,5	2,0	» 1,0 » 1,8
180	210	220	150	180	250	15	2,0	» 1,0 » 1,8

d	D	D <sub>1</sub>	L			b	c	s
			1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд			
190	220	230	150	180	250	15	2,0	От 1,0 до 1,8
200	230	240	180	200	250	15	2,0	» 1,0 » 1,8
220	250	260	180	220	250	15	2,0	» 1,0 » 1,8
250	280	290	210	250	280	15	2,0	» 1,0 » 1,8

Примечания: 1. Допускается изготовление втулок с притоками по наружному и внутреннему диаметрам. 2. Размеры, указанные в скобках, применять не рекомендуется.

средах, а также при вибрационных и ударных нагрузках. К недостаткам подшипников скольжения относятся высокие потери на трение и в связи с этим пониженный КПД, необходимость систематического наблюдения и непрерывной смазки, неравномерное изнашивание подшипника и цапфы, использование дорогостоящих материалов, относительно большая длина цапфы и вкладыша.

**Виды** подшипников скольжения [100]: а) по воспринимаемым усилиям — осевые и радиальные; б) по режиму смазки — гидродинамические, гидростатические, с твердой смазкой, самосмазывающиеся, без смазки и др.; в) по конструкции — самоустанавливающиеся, сегментные.

**Элементы** подшипника скольжения: шейка вала, корпус, вкладыш (буртовый, тонкостенный, толстостенный, многослойный), втулка, полувкладыш, подушка и др. [100].

**Размерные характеристики** радиальных подшипников [100]: диаметр и ширина вкладыша, диаметральный зазор.

Для изготовления подшипников скольжения применяют специальные материалы: подшипниковый антифрикционный материал и спеченный антифрикционный материал (методом порошковой металлургии).

**Стандартизованные втулки общего назначения.** Для подшипников скольжения стандартизованы типы и основные размеры втулок металлических [96], биметаллических [101] и втулок из спекаемых материалов [102].

Установлены два типа **биметаллических втулок**: гладкая (тип А) и с буртиком (тип В), основные размеры которых приведены в табл. 10.17 [101]. Предельные отклонения размеров биметаллических втулок назначают по ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75):

Размер	d	D	D <sub>1</sub>	L
Поле допуска	F7	g6	d11	h13

Здесь d и D — внутренний и наружный диаметры втулки; D<sub>1</sub> — диаметр буртика; L — длина втулки.

Шероховатость поверхностей указана на рисунке в табл. 10.17.

Пример условного обозначения биметаллической втулки типа В с внутренним диаметром d = 20 мм, наружным диаметром D = 26 мм, диаметром буртика D<sub>1</sub> = 32 мм и длиной L = 20 мм:

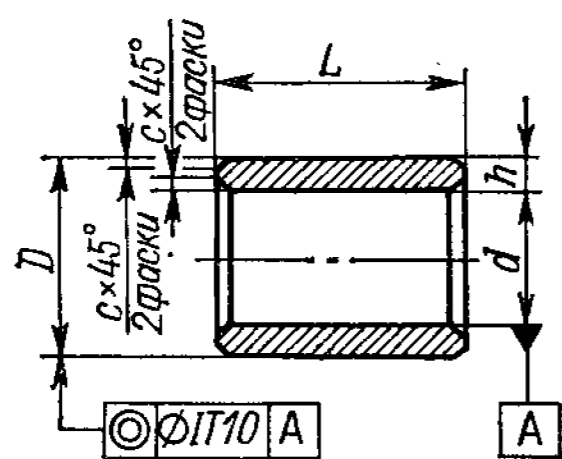
*Втулка В 20/26×20 ГОСТ 24832—81*

Из **спекаемых материалов** (порошков железа или бронзы) установлены три типа втулок: гладкие (тип А), с буртиками (тип В) и сферические (тип С), основные размеры которых приведены в табл. 10.18—10.20 [102].

Предельные отклонения диаметров втулок типов А и В из спекаемых материалов назначают: для диаметра отверстия в корпусе — по Н7; для наружного диаметра втулки D по г7; для внутреннего диаметра втулки d после запрессовки — по Н7; для наружного диаметра установочной оправки — по m5.

Таблица 10.18. Основные размеры гладких втулок (тип А)  
из спекаемых материалов по ГОСТ 24833—81  
(СТ СЭВ 1009—78)

мм



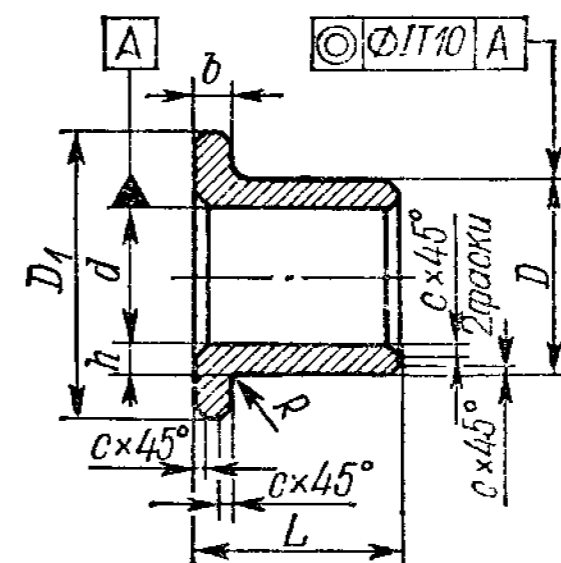
d	D		L				d	D		L			
	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	4-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	4-й ряд
1	3	—	1	2	—	—	20	26	25	15	20	25	30
1,5	4	—	1	2	—	—	22	28	27	15	20	25	30
2	5	—	2	3	—	—	25	32	30	20	25	30	35
2,5	6	—	2	3	—	—	28	36	33	20	25	30	40
3	6	5	3	4	—	—	30	38	35	20	25	30	40
4	8	7	3	4	6	—	32	40	38	20	25	30	40
5	9	8	4	5	8	—	(34)	42	40	25	35	40	—
6	10	9	4	6	10	—	35	45	41	25	35	40	50
7	11	10	5	8	10	—	38	48	44	25	35	45	(55)
8	12	11	6	8	12	—	40	50	46	30	40	50	(60)
9	14	12	6	10	14	—	42	52	48	30	40	50	(60)
10	16	14	8	10	16	—	45	55	51	35	45	(55)	(65)
12	18	16	8	12	20	—	48	58	55	35	50	(70)	—
14	20	18	10	14	20	—	50	60	58	35	50	(70)	—
15	21	19	10	15	25	—	(53)	63	60	40	50	(70)	—
16	22	20	12	16	25	—	55	65	63	40	(55)	(70)	—
18	24	22	12	18	30	—	60	72	68	50	(60)	(70)	—

Примечания: 1. Размеры, указанные в скобках, применять не рекомендуется. 2. Размер фаски c:

Толщина стенки h, мм	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 3	Св. 3 до 4	Св. 4 до 5	Св. 5
c, мм, не более	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8

Таблица 10.19. Основные размеры втулок с буртиком (тип В)  
из спекаемых материалов по ГОСТ 24833—81 (СТ СЭВ 1009—78)

мм



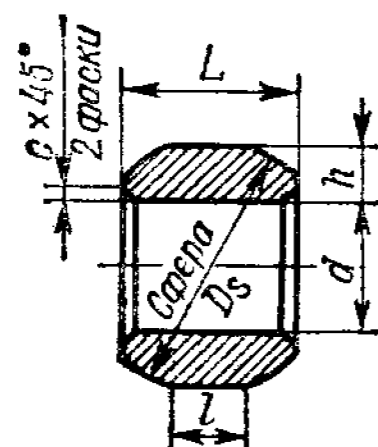
d	D	D <sub>1</sub>	L				b	d	D	D <sub>1</sub>	L				b
			1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	4-й ряд					1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	4-й ряд	
1	3	5	2	—	—	—	1	20	26	32	15	20	25	30	3
1,5	4	6	2	—	—	—	1	22	28	34	15	20	25	30	3
2	5	8	3	—	—	—	1,5	25	32	39	20	25	30	—	3,5
2,5	6	9	3	—	—	—	1,5	28	36	44	20	25	30	—	4
3	6	9	4	—	—	—	1,5	30	38	46	20	25	30	—	4
4	8	12	3	4	6	—	2	32	40	48	20	25	30	—	4
5	9	13	4	5	8	—	2	(34)	42	52	25	35	40	—	4
6	10	14	4	6	10	—	2	35	45	55	25	35	40	—	5
7	11	15	5	8	10	—	2	38	48	58	25	35	45	—	5
8	12	16	6	8	12	—	2	40	50	60	30	40	50	—	5
9	14	19	6	10	14	—	2,5	42	52	62	30	40	50	—	5
10	16	22	8	10	16	—	3	45	55	65	35	45	(55)	—	5
12	18	24	8	12	20	—	3	48	58	68	35	50	—	—	5
14	20	26	10	14	20	—	3	50	60	70	35	50	—	—	5
15	21	27	10	15	25	—	3	(53)	63	71	35	50	—	—	5
16	22	28	12	16	25	—	3	55	65	75	40	(55)	—	—	5
18	24	30	12	18	30	—	3	60	72	84	50	(60)	—	—	6

Примечания: 1. Размеры, указанные в скобках, применять не рекомендуется. 2. Размер фаски c = см, примечание 2 к табл. 10.18. 3. Размер R:

D, мм	До 12	Св. 12 до 30	Св. 30
R, мм, не более	0,3	0,6	0,8



Т а б л и ц а 10.20. Основные размеры сферических втулок (тип С) из спекаемых материалов по ГОСТ 24833—81 (СТ СЭВ 1009—78) мм



$d$	$D_s$	$L$	$l^*$	$d$	$D_s$	$L$	$l^*$
1	3	2	0,6	8	16	11	4
1,5	4,5	3	0,9	9	18	12	4
2	5	3	0,9	10	22	14	4
2,5	6	4	1	12	22	15	5
3	8	6	2	14	24	17	5
4	10	8	2	15	27	20	5
5	12	9	3	16	28	20	6
6	14	10	3,5	18	30	20	6
7	16	11	4	20	36	25	6

Примечание. Размер фаски  $c$  — см. примечание 2 к табл. 10.18.

\* Здесь  $l$  — рекомендуемая ширина цилиндрической поверхности, которая допускается на сфере в средней ее части.

Предельные отклонения диаметров втулок типа С из спекаемых материалов: для внутреннего диаметра втулки  $d$  — по Н7; для диаметра сферической поверхности втулки  $D_s$  — по h11; для диаметра сферической поверхности корпуса — по Н10. Для втулок типа С допускаются и другие предельные отклонения в зависимости от типа сопряжения (способа сборки): например, при необходимости легкоподвижного сопряжения (более легкой сборки) допускается предельное отклонение сферической поверхности корпуса по G10.

Предельные отклонения длин  $L$  втулок из спекаемых материалов должны составлять [102]:

Длина втулки, мм	Св. 1 до 10	Св. 10 до 20	Св. 20 до 40	Св. 40
Предельные отклонения, мм . . .	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$

Примеры условного обозначения втулок из спекаемых материалов:

а) типа А с внутренним диаметром  $d = 25$  мм, наружным диаметром  $D = 32$  мм и длиной  $L = 25$  мм:

Втулка А 25/32×25 ГОСТ 24833—81;

б) типа В с внутренним диаметром  $d = 25$  мм, наружным диаметром  $D = 32$  мм, диаметром буртика  $D_1 = 39$  мм и длиной  $L = 25$  мм:

Втулка В25/32×25 ГОСТ 24833—81;

в) типа С с внутренним диаметром  $d = 10$  мм, диаметром сферы  $D_s = 20$  мм и длиной  $L = 14$  мм:

Втулка С10 ГОСТ 24833—81.

Стандартизованные корпуса подшипников скольжения, втулки и вкладыши к ним. Подшипники скольжения выполняют с неразъемными и разъемными корпусами, которые стандартизованы [99]. Корпуса подшипников должны быть изготовлены в соответствии со следующими требованиями ГОСТ 25106—82:

1) корпуса должны быть изготовлены из чугуна марки СЧ 15 по ГОСТ 1412—79 или из чугуна других марок с механическими свойствами не ниже, чем у чугуна марки СЧ 15; допускаются корпуса из стального литья и сварные;

2) предельные отклонения размеров отливок — по II классу точности (ГОСТ 1855—55);

3) предельные отклонения размеров поверхностей, полученных обработкой и не ограниченных допусками: по Н14 — для диаметров отверстий; по h14 — для диаметров валов; по  $\pm \frac{IT14}{2}$  — для остальных размеров;

4) предельные отклонения размеров между обработанными и необработанными поверхностями — по  $j_{16}$ ;

5) допуски перпендикулярности торцов относительно оси расточки и опорной плоскости корпуса — по 7-й степени точности (ГОСТ 24643—81);

6) допуски овальности, конусообразности, бочкообразности расточек под втулки (вкладыши) — по 7-й степени точности (ГОСТ 24643—81);

7) допуски плоскостности опорных поверхностей лап — по 7-й степени точности (ГОСТ 24643—81);

8) рабочие поверхности расточек под втулки (вкладыши) не должны иметь раковин, царапин, забоин и чернот;

9) длина нарезанной части отверстий под шпильки — по ГОСТ 22034—76; сбеги, недорезы и фаски — по ГОСТ 10549—80 (СТ СЭВ 214—75);

10) резьбовые соединения шпильки и корпуса — по ГОСТ 4603—81;

11) допускаются отверстия под рым-болты, установочные штифты и устройства для подачи смазочного материала;

12) в корпусах должны устанавливаться втулки по ГОСТ 11525—82 или вкладыши по ГОСТ 11611—82;

13) лакокрасочные покрытия необработанных поверхностей корпусов в зависимости от условий эксплуатации — по ГОСТ 9.104—79 и ГОСТ 9.032—74\*.

Втулки и вкладыши к корпусам подшипников скольжения для уменьшения трения изготавливают из материалов, которые в паре с цапфой вала имеют малый коэффициент трения. Коэффициент трения пар при смазывании:

Сталь по чугуну и пластмассе . . . . .	0,15—0,20
Сталь по антифрикционному чугуну, бронзе . . . . .	0,10—0,15
Сталь по баббиту . . . . .	0,06—0,10

Втулки и вкладыши для корпусов подшипников скольжения, согласно стандартам [99], должны быть изготовлены в соответствии с техническими требованиями, установленными ГОСТ 25105—82:

1) втулки и вкладыши должны быть изготовлены из чугуна марки АЧС-1 или АЧК-2 по ГОСТ 1585—79; допускается применение других антифрикционных материалов с механическими свойствами не ниже, чем у чугуна названных марок;

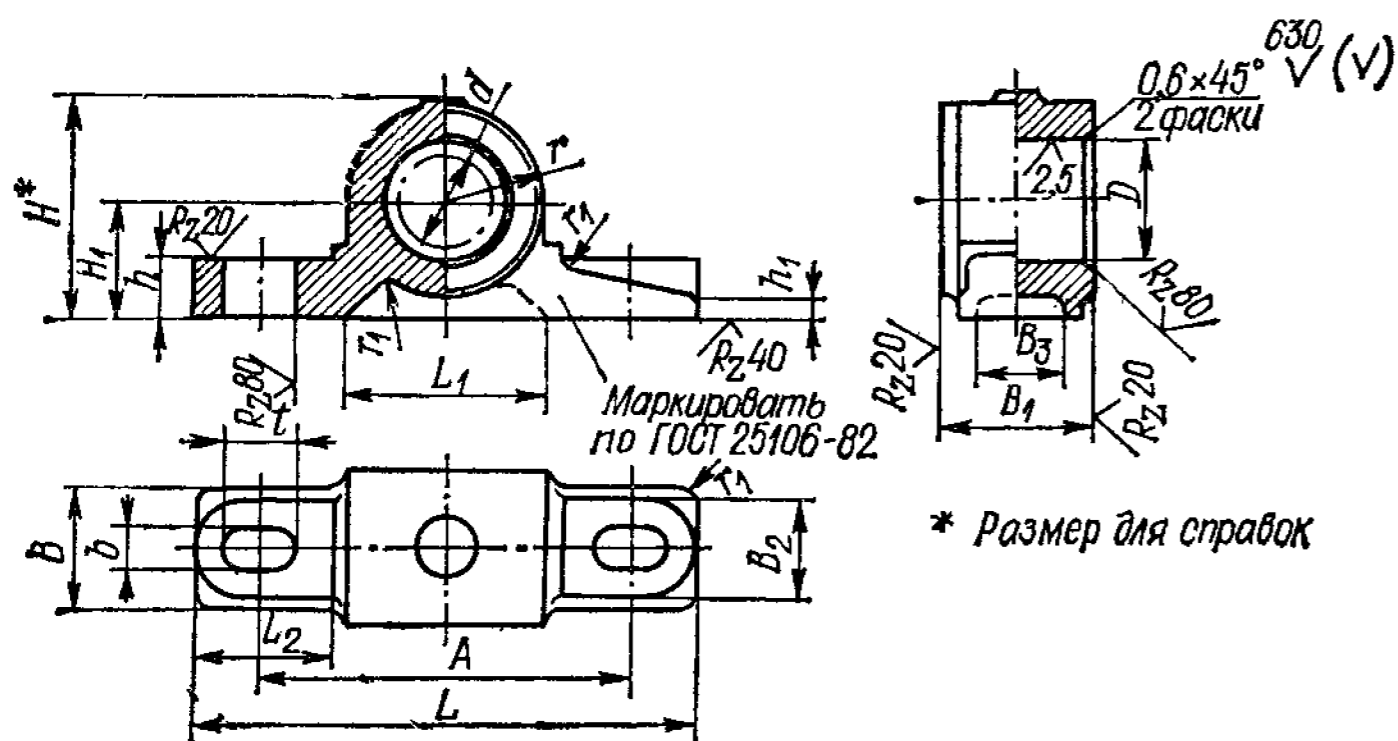
2) предельные отклонения размеров, не ограниченных допусками, должны соответствовать полям допусков: h14 — для диаметров валов;  $\pm \frac{IT14}{2}$  — для остальных размеров;

3) допуски перпендикулярности оси вкладыша (втулки) относительно его торцов и торцовое биение — по 8-й степени точности (ГОСТ 24643—81);

4) овальность, конусообразность, бочкообразность отверстий — по 7-й степени точности (ГОСТ 24643—81);

Таблица 10.21. Конструкция и размеры неразъемных корпусов подшипников скольжения на лапах с двумя крепежными отверстиями по ГОСТ 11521—82  
мм

Продолжение табл. 10.21



Обозначение корпуса	Диаметр вала $d$		$D$		$A$	$B$	$H$	$H_1$	$h$	$B$	$B_1$	$b$	$L$	$r$
	1-й * ряд	2-й ряд	1-й * ряд	2-й ряд										
12×16 12×20	—	12	—	18	65	90	45	22	12	16	16	9	13	19
14×16 14×20	14	—	20	—						20	20			
16×20 16×25	—	16	—	22	75	105	50	25	14	20	20	11	17	21
18×20 18×25	18	—	24	—						25	25			
20×25 20×32	—	20	—	26	80	120	58	28	14	20	25	11	17	25
22×25 22×32	22	—	28	—						25	32			
25×32 25×40	25	—	32	—	100	140	68	34	16	25	32	13	20	30
28×32 28×40	28	—	36	—						32	40			
32×40 32×50	32	—	40	—	120	165	80	42	20	32	40	17	24	35
35×40 35×50	35	—	45	—						40	50			

Обозначение корпуса	Диаметр вала $d$		$D$		$A$	$B$	$H$	$H_1$	$h$	$B$	$B_1$	$b$	$L$	$r$
	1-й * ряд	2-й ряд	1-й * ряд	2-й ряд										
40×50 40×63	40	—	50	—	145	200	95	48	25	40	50	22	32	41
45×50 45×63	45	—	55	—						50	63			
50×63 50×80	50	—	60	—	165	220	112	56	25	50	63	22	32	52
55×63 55×80	55	—	65	—						63	80			
63×80 63×100	63	—	73	—	200	270	140	71	32	63	80	26	39	63
70×80 70×100	70	—	85	—						80	100			
80×100 80×125	80	—	95	—	235	315	165	85	36	80	100	33	48	75
90×100 90×125	90	—	105	—						100	125			
100×125 110×125	100 110	—	115 125	—	265	345	195	100	40	100	125			90
125×125 125×160	—	125	—	140	310	410	226	118	45	100	125	39	58	105
140×125 140×160	—	140	—	155	330	430	245	125		100	125			

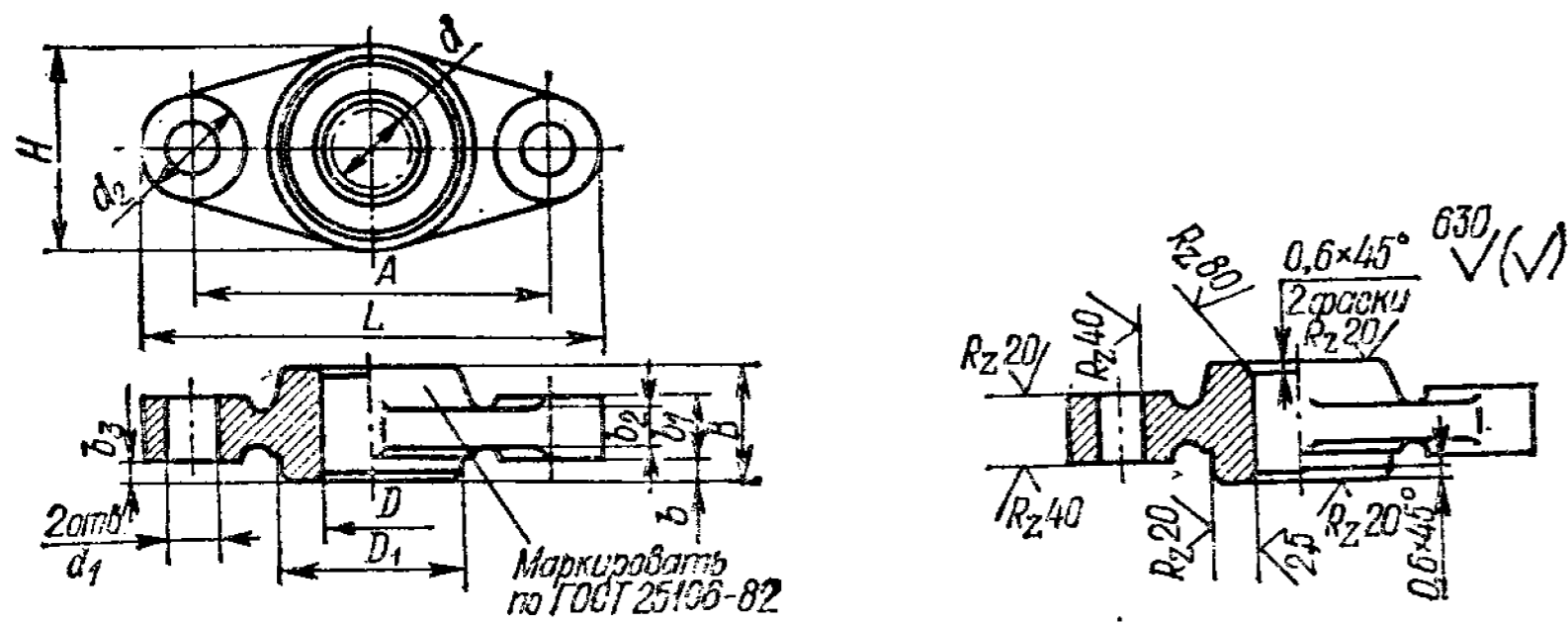
Примечания: 1. Предельные отклонения диаметра  $D$  — по Н8. 2. Размеры  $h_1$ ,  $L_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $r_1$ ,  $L_2$  определяют по формулам (меньшие значения коэффициентов применяют для корпусов меньших размеров):

$$h \geq 0,5h; L_1 = 2r; B_2 \leq 1,8b; B_3 = (0,55 \div 0,85) B; r_1 \leq 0,3h; L_2 = L/2 - r - (1 \div 2).$$

\* 1-й ряд является предпочтительным (оптимальным для применения), так как он обеспечивает рациональный ряд несущих способностей корпусов при наименьших затратах.

Таблица 10.22. Конструкция и размеры неразъемных фланцевых корпусов с двумя крепежными отверстиями по ГОСТ 11522—82

мм

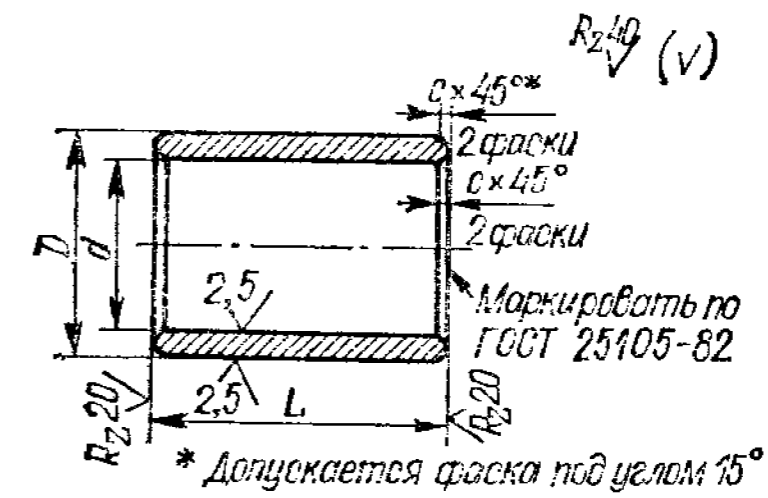


Обозначение корпуса	Диаметр вала $d$	$D$	$D_1$	$A$	$L$	$H$	$B$	$b$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$d_1$	$d_2$
12 14	12 14	18 20	40	67	87	45	20	5	12	10	6	9	20
16 18	16 18	22 24	45	80	105	50	25	6	14	12	7	11	25
20 22	20 22	26 28	53	85	110	58	32	7	18	14	8		
25 28	25 28	32 35	67	105	130	71	40	10	20		18	11	13
32 35	32 35	40 45	75	130	155	80	50	14	23	18		15	17
40 45	40 45	50 55	85	140	180	95	63	22	25		18	23	22
50 55	50 55	60 65	90 100	150 160	190 200	100 110	80	25	25 30	18 22		26	
63 70	63 70	73 85	110 130	180 200	225 245	120 140	100	30 34	30 32	22 24	31 35	26	45
80	80	95	140	210	255	150	125	34	32	24	35		

Примечание. Предельные отклонения  $D$  — по Н8,  $D_1$  — по н9.

Таблица 10.23. Конструкция и размеры металлических втулок для неразъемных корпусов на лапах и фланцевых корпусов подшипников скольжения по ГОСТ 11525—82

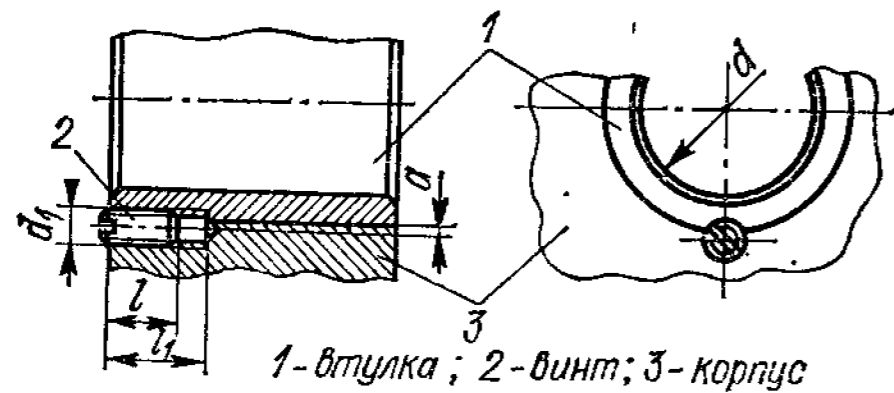
мм



Обозначение втулки	$d$	$D$	$L$	$c$	Обозначение втулки	$d$	$D$	$L$	$c$
12×16 12×20	12	18	16 20	0,5	45×50 45×63	45	55	50 63	0,8
14×16 14×20	14	20	16 20		50×63 50×80	50	60	63 80	
16×20 16×25	16	22	20 25		55×63 55×80	55	65	63 80	
18×20 18×25	18	24	20 25		63×80 63×100	63	73	80 100	
20×25 20×32	20	26	25 32		70×80 70×100	70	85	80 100	
22×25 22×32	22	28	25 32		80×100 80×125	80	95	100 125	1,0
25×32 25×40	25	32	32 40		90×100 90×125	90	105	100 125	
28×32 28×40	28	36	32 40		100×125 110×125	100 110	115 125	125	
32×40 32×50	32	40	40 50		125×125 125×160	125	140	125 160	
35×40 35×50	35	45	40 50		140×125 140×160	140	155	125 160	
40×50 40×63	40	50	50 63	160×200 180×200	160 180	180 200	200		

Примечание. Предельные отклонения  $d$  — по Н7,  $D$  — по н8.

Таблица 10.24. Фиксация втулки в неразъемном корпусе  
мм



1 - втулка; 2 - винт; 3 - корпус

Диаметр вала $d$	Винт по ГОСТ 1477-75		$l_1$	$a$
	$d_1$	$l$		
12; 14; 16	M4	8	10	1,0
18; 20; 22; 25; 28; 32; 35	M5	12	15	1,0
40; 45; 50; 55; 63	M6	15	19	1,0
70; 80; 90; 100; 110; 125	M8	20	24	1,0
140; 160; 180	M10	25	30	1,5

5) рабочие поверхности расточек, вкладышей (втулок) не должны иметь раковин, царапин, забоин и чернот;

6) допускается изготовление вкладышей (втулок) с предельными отклонениями размера  $d$ , соответствующими полю допусков Н7;

7) допускаются отверстия и канавки для смазочных материалов.

Конструкция и размеры неразъемных корпусов подшипников скольжения на лапах с двумя крепежными отверстиями, применяемых с втулками по ГОСТ 11525-82, установлены ГОСТ 11521-82 и приведены в табл. 10.21. Там же указана шероховатость поверхностей конструктивных элементов корпусов. Пример условного обозначения корпуса подшипника с  $d = 32$  мм,  $B_1 = 50$  мм:

Корпус 32×50 ГОСТ 11521-82.

Конструкция и размеры неразъемных фланцевых корпусов с двумя крепежными отверстиями, применяемых с втулками по ГОСТ 11525-82, установлены ГОСТ 11522-82 и приведены в табл. 10.22. Там же указана шероховатость поверхностей конструктивных элементов корпусов. Пример условного обозначения корпуса подшипника с  $d = 32$  мм:

Корпус 32 ГОСТ 11522-82.

Стандартизованы также фланцевые корпуса с тремя и четырьмя крепежными отверстиями (ГОСТ 11523-82 и ГОСТ 11524-82).

Конструкция и размеры металлических втулок для неразъемных корпусов на лапах и фланцевых корпусов подшипников скольжения по ГОСТ 11521-82—ГОСТ 11524-82, работающих при контактном давлении не более 3,9 МПа, имеющих скорость скольжения не более 3 м/с при условии смазывания пластичным смазочным материалом, установлены ГОСТ 11525-82 и приведены в табл. 10.23. Фиксация втулки в неразъемном корпусе осуществляется так, как показано в табл. 10.24. Пример условного обозначения металлической втулки с  $d = 32$  мм,  $L = 40$  мм:

Втулка 32×40 ГОСТ 11525-82.

Конструкция и размеры разъемных корпусов подшипников скольжения с двумя крепежными отверстиями, применяемых с вкладышами по ГОСТ 11611-82, установ-

Таблица 10.25. Конструкция и размеры разъемных корпусов подшипников скольжения с двумя крепежными отверстиями по ГОСТ 11607-82  
мм

Обозначение корпуса	25×25	28×25	25×32	28×32
Диаметр вала $d$	25	28	25	28
$D$	32	36	32	36
$D_1$	43	48	43	48
$A$	120	135	70	135
$A_1$	60	70	70	70
$L$	155	170	170	170
$L_1$	80	80	95	95
$H$	50	50	70	70
$H_1$	32	32	42	42
$H_2$	60	60	80	80
$h$	15	15	18	18
$B$	25	25	32	32
$B_1$	—	—	—	—
$b$	11	11	13	13
$b_1$	18	18	24	24
$i$	17	17	20	20
$l$	8	8	12	12
$l_1$	28	28	35	35
$m$	3,5	3,5	4,0	4,0



Обозначение вкладыша	Диаметр вала	D	D <sub>1</sub>	A	A <sub>1</sub>	L	L <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	h	B	B <sub>1</sub>	b	b <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	Не менее	d <sub>1</sub>	m
32×32 35×32	32 35	40 45	52 55	135	70	170	95	70	42	80	18	32	—	13	24	20	—	35	M10	4,0
40×40 45×40	40 45	50 55	63 68	150	80	185	105	80	45	90	20	40	—	—	30	—	12	43	—	5,0
50×48 55×48	50 55	60 65	73 80	170	95	215	125	90	53	102	25	48	—	17	40	23	—	52	M12	4,0
63×60 70×60	63 70	78 85	92 105	220	125	280	160	120	70	140	30	60	70	22	—	30	16	69	M16	—
80×75 90×75	80 90	95 110	115 125	260	150	320	195	150	85	170	35	75	85	26	—	34	20	85	M20	—
100×100 110×100	100 110	120 130	140 150	300	170	380	220	160	95	195	40	100	110	—	—	—	—	90	—	—
125×110 140×120 160×140	125 140 160	145 160 185	165 180 210	320 340 360	190 210 230	400 420 440	240 260 280	180 200 225	106 118 132	210 230 260	40 45 45	110 120 140	140 140 180	32	—	40	22	105 112 130	M24	—

Примечания: 1. Предельные отклонения D — по H8, B<sub>1</sub> — по H9, b<sub>1</sub> — по H9. 2. Размеры B<sub>2</sub>, L<sub>2</sub>, h<sub>1</sub>, l<sub>2</sub>, r<sub>1</sub> определяют по формулам:

$$B_2 = (2,0 \pm 2,5) d_1; L_2 = (L - L_1)/2 - (2 \div 4); h_1 = (0,20 \div 0,25) h; l_2 = 0,25 L_1; r_1 = 0,5 B_2;$$

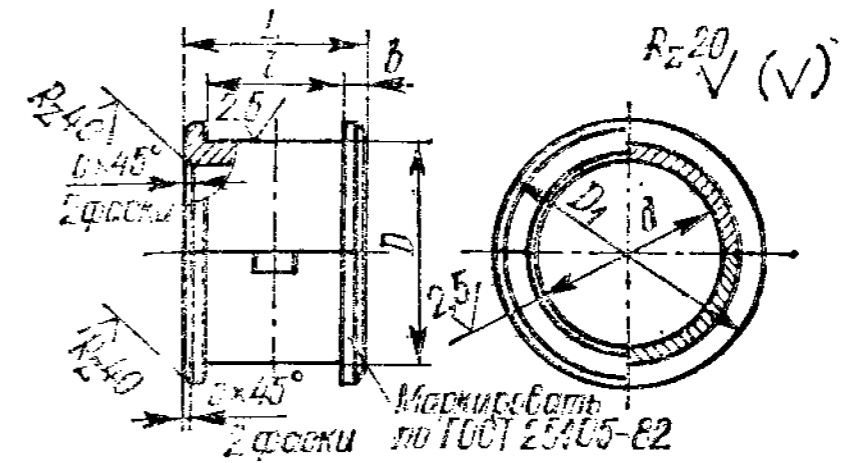
3. Радиус закругления r<sub>2</sub> находят в зависимости от значения L:

L, мм	≤ 80	95—125	150—220	≥ 240
r <sub>2</sub> , мм	3	5	10	20

4. Параметр шероховатости поверхностей, не подвергаемых механической обработке, R<sub>z</sub> ≤ 630 мкм (ГОСТ 2789—73\*).

Таблица 10.26. Конструкция и размеры металлических вкладышей для разъемных корпусов подшипников скольжения по ГОСТ 11611—82 мм

Обозначение вкладыша	a	D	D <sub>1</sub>	L	l	b	c
25×25 28×25	25 28	32 36	38 42	25	18	3,5	0,5
25×32 28×32	25 28	32 36	38 42	32	24	4,0	
32×32 35×32	32 35	40 45	46 50			40	30
32×40 35×40	32 35	40 45	46 50	50	40		
40×40 45×40	40 45	50 55	58 63			63	40
40×50 45×50	40 45	50 55	58 63	80	70		
50×50 55×50	50 55	60 65	68 73			90	85
50×63 55×63	50 55	60 65	68 73	100	90		
50×80 55×80	50 55	60 65	68 73			100	90
63×80 70×80	63 70	78 85	86 95	100	90		
63×100 70×100	63 70	78 85	86 95			100	90
80×100 90×100	80 90	95 110	105 120	100	90		



Обозначение вкладыша	$d$	$D$	$E_1$	$L$	$l$	$b$	$a$
80×125 90×125	80 90	95 110	105 120	125	110	7,5	1,0
100×125 110×125	100 110	120 130	130 140				
100×160 110×160	100 110	120 130	130 140	160	140	10,0	
125×160	125	145	155				
125×200	125	145	155	200	180	2,0	
140×160 140×200 140×250	140	160	170	160	140		
				200	180		
				250	230		
160×200 160×250	160	185	200	200	180		
				250	230		
180×250 180×320	180	210	220	250	220		
				320	290		
200×250 200×320	200	230	240	250	220		
				320	290		
220×250 220×320	220	250	260	250	220		
				320	290		

Примечание. Предельные отклонения  $d$  — по Н8.  $D$  — по s7,  $l$  — по Н8.

лены ГОСТ 11607—82 и приведены в табл. 10.25. Там же указана шероховатость поверхностей конструктивных элементов корпусов. Примеры условных обозначений корпуса подшипника и его деталей при  $d = 70$  мм,  $B = 60$  мм:

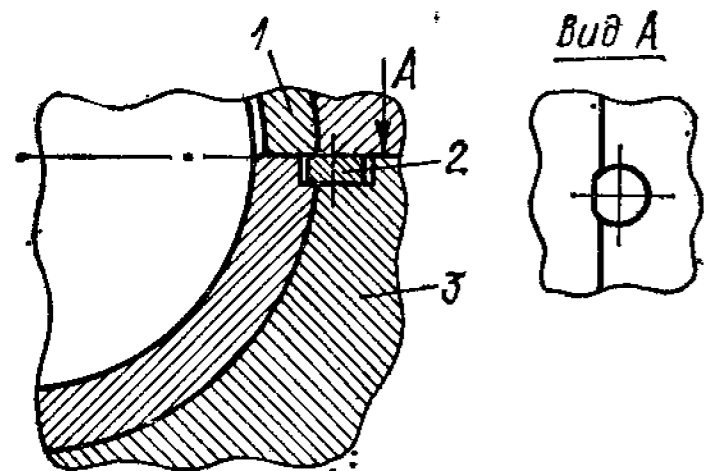


Рис. 10.4. Фиксация вкладыша в разъемном корпусе подшипника скольжения:  
1 — вкладыш; 2 — втулка закрепительная; 3 — корпус

Конструкция и размеры металлических вкладышей для разъемных корпусов подшипников скольжения, применяемых в корпусах по ГОСТ 11607—82 — ГОСТ 11610—82, установлены ГОСТ 11611—82 и приведены в табл. 10.26. Они работают при контактном давлении не более 5,9 МПа и скорости скольжения не более 3 м/с при условии смазывания пластичным смазочным материалом. Фиксация вкладыша в корпусе показана на рис. 10.4. Пример условного обозначения вкладыша с  $d = 50$  мм,  $L = 63$  мм:

Вкладыш 50×63 ГОСТ 11611—82.

### 11.1. Классификация

Наибольшее распространение в машиностроении получили цилиндрические и конические зубчатые и червячные передачи, а также гипоидные зубчатые передачи.

На рис. 11.1 показана классификация зубчатых передач по основным признакам [109]. По дополнительным признакам зубчатые передачи можно разделить на повышающие и понижающие, ортогональные и неортогональные, внешнего и внутреннего зацепления.

По эксплуатационному назначению все зубчатые передачи можно разделить на четыре основные группы: отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения, основными эксплуатационными показателями которых являются:

1) отсчетных, в частности делительных, передач — высокая кинематическая точность; для реверсивных передач существенное значение имеют размер и колебание размера бокового зазора в передаче;

2) скоростных передач (до 60 м/с) — плавность работы, т. е. отсутствие циклических погрешностей, многократно повторяющихся за оборот зубчатого колеса; передача должна работать бесшумно и без вибраций;

3) силовых передач — обеспечение более полного использования активных боковых поверхностей зубьев, т. е. получение наибольшего пятна контакта зубьев;

4) к передачам общего назначения не предъявляются повышенные требования по точности отдельных параметров.

Зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев называется шестерней, а с большим числом — зубчатым колесом. При одинаковом числе зубьев колес передачи шестерней называют ведущее зубчатое колесо, а зубчатым колесом — ведомое.

На 1 января 1983 г. почти все стандарты в области зубчатых и червячных передач переработаны на уровне стандартов СЭВ, которые введены в соответствующие ГОСТы (табл. 11.1).

### 11.2. Терминология

ГОСТ 16530—83 устанавливает термины, определения и обозначения основных понятий, относящихся к геометрии и кинематике зубчатых передач с постоянным передаточным отношением и являющихся общими для передач различных видов. Стандарт разработан с учетом рекомендации РС 4722—74.

ГОСТ 16531—83 устанавливает термины, определения и обозначения понятий, относящихся к геометрии и кинематике цилиндрических зубчатых передач с постоянным передаточным отношением. Стандарт разработан с учетом рекомендации РС 4723—74.

ГОСТ 19325—73 устанавливает термины, определения и обозначения понятий, относящихся к геометрии и кинематике конических зубчатых передач с постоянным передаточным отношением. Термины относятся к коническим зубчатым колесам с прямыми, тангенциальными и криволинейными (с круговой, эвольвентной и циклоидальной линией зубьев) зубьями эвольвентной, квазиэвольвентной, обкатной и полуобкатной конических передач. Стандарт также охватывает коническую передачу Новикова. Устанавливаемые обозначения в ряде случаев совпадают с принятыми в ГОСТ 16530—83 и ГОСТ 16531—83.

ГОСТ 18498—73 устанавливает термины, определения и обозначения понятий, относящихся к геометрии и кинематике цилиндрических червячных передач, а также глобоидных червячных передач с постоянным передаточным отношением. Стандарт использует понятия и обозначения, установленные для всех видов передач в ГОСТ 16530—83 и относящиеся к рейке и реечной цилиндрической зубчатой передаче в ГОСТ 16531—83. Стандарт делит червяки на цилиндрические и глобоидные.

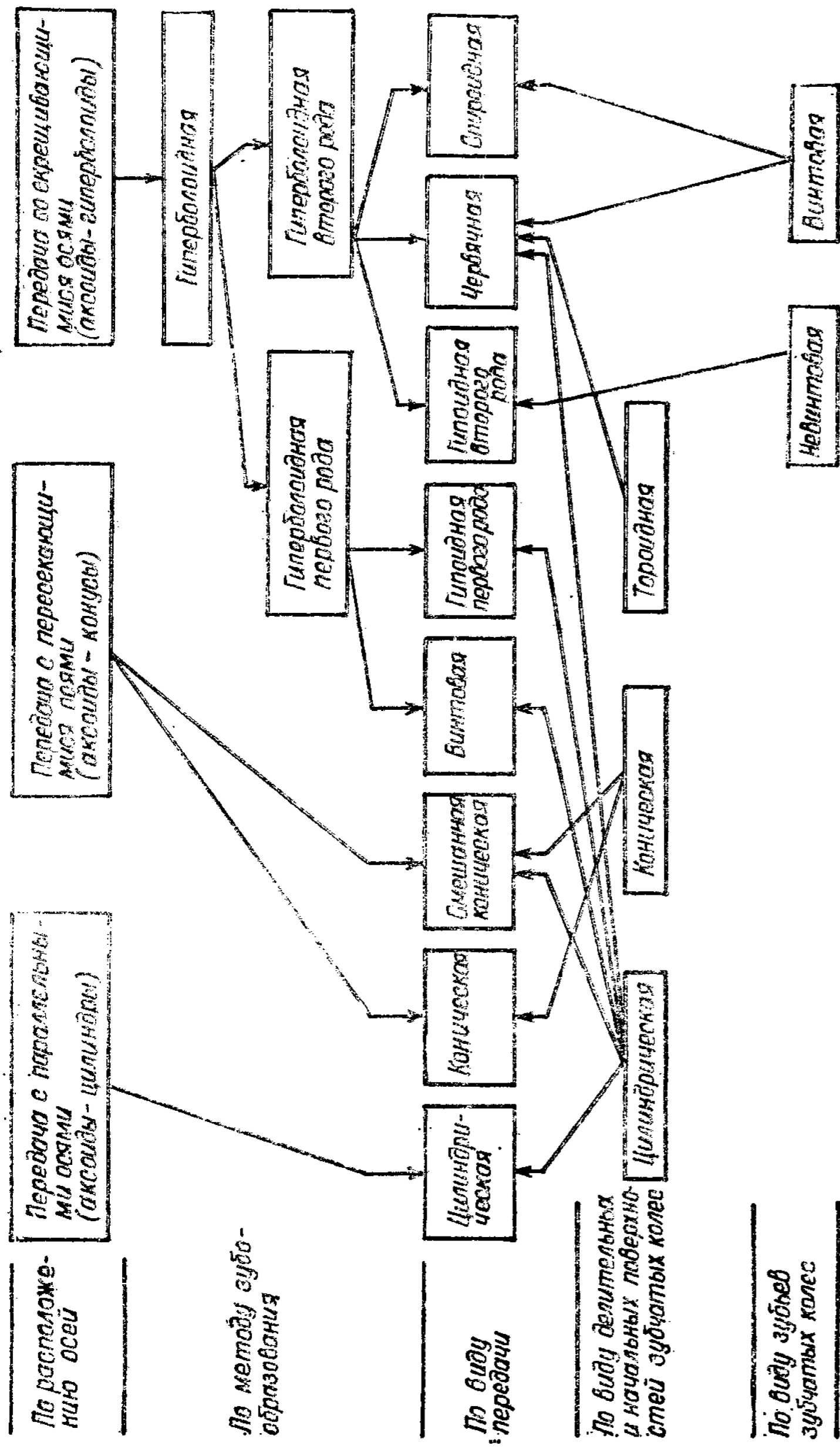


Рис. 11.1. Классификация зубчатых передач по основным признакам

Т а б л и ц а 11.1. Основные стандарты в области зубчатых и червячных передач

Объект стандартизации	Передачи			глобидные
	цилиндрические	реечные	конические	
Основные термины, определения и обозначения	ГОСТ 16530—83			
	ГОСТ 16531—83		ГОСТ 19325—73	ГОСТ 18498—73
Расчеты геометрии	ГОСТ 16532—70 (внешнее зацепление); ГОСТ 19274—73 (внутреннее зацепление)	—	ГОСТ 19624—74 (прямозубые); ГОСТ 19326—73 (с круговыми зубьями)	ГОСТ 17696—80
Модули	ГОСТ 9563—60 (СТ СЭВ 310—76)			—
Исходные контуры	ГОСТ 9587—81 (СТ СЭВ 309—76)			
	ГОСТ 13755—81 (СТ СЭВ 308—76)	ГОСТ 13754—81 (СТ СЭВ 516—77); ГОСТ 16202—81 (СТ СЭВ 515—77)	ГОСТ 20184—81 (СТ СЭВ 1912—79); ГОСТ 19036—81 (СТ СЭВ 266-76)	ГОСТ 24438—80

Объект стандартизации	Передачи				гребенчатые
	цилиндрические	реечные	конические	червячные цилиндрические	
Основные параметры	ГОСТ 2185—66 (СТ СЭВ 229—75); ГОСТ 13733—77	—	ГОСТ 12289—76	ГОСТ 2144—76 (СТ СЭВ 221—75); СТ СЭВ 267—76)	ГОСТ 9369—77
Допуски	ГОСТ 1643—81 (СТ СЭВ 641—77); СТ СЭВ 643—77; СТ СЭВ 644—77); ГОСТ 9178—81 (СТ СЭВ 642—77)	ГОСТ 10242—81 (СТ СЭВ 312—76); СТ СЭВ 644—77); ГОСТ 13506—81 (СТ СЭВ 1160—78)	ГОСТ 1758—81 (СТ СЭВ 186—75); СТ СЭВ 1161—78); ГОСТ 9368—81 (СТ СЭВ 313—76)	ГОСТ 3675—81 (СТ СЭВ 311—76); СТ СЭВ 1162—78); ГОСТ 9774—81 (СТ СЭВ 1913—79); СТ СЭВ 1162—78)	ГОСТ 16502—70 (СТ СЭВ 1162—78)
Расчеты на прочность	ГОСТ 21354—75	—	—	—	—
Правила выполнения чертежей	По ЕСКД				

### 11.3. Передачи зубчатые цилиндрические

Модули. Стандартом (см. табл. 11.1) установлены два ряда нормальных модулей для эвольвентных цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями (табл. 11.2). Допускается применение модулей 3,75; 4,25; 6,5 мм в тракторной промышленности. В автомобильной промышленности также разрешается использовать модули, отличающиеся от установленных в стандарте.

Таблица 11.2. Ряды нормальных модулей для эвольвентных цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями мм

1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
0,05	—	—	0,35	2,5	—	—	18
—	0,055	0,4	—	—	2,75	20	—
0,06	—	—	0,45	3	—	—	22
—	0,07	0,5	—	—	3,5	25	—
0,08	—	—	0,55	4	—	—	28
—	0,09	0,6	—	—	4,5	32	—
0,1	—	—	0,7	5	—	—	36
—	0,11	0,8	—	—	5,5	40	—
0,12	—	—	0,9	6	—	—	45
—	0,14	1	—	—	7	50	—
0,15	—	—	1,125	8	—	—	55
—	0,18	1,25	—	—	9	66	—
0,2	—	—	1,375	10	—	—	70
—	0,22	1,5	—	—	11	80	—
0,25	—	—	1,75	12	—	—	90
—	0,28	2	—	—	14	100	—
0,3	—	—	2,25	16	—	—	—

Для цилиндрических зубчатых колес с косым и шевронным зубьями установлен нормальный модуль.

Степени точности и виды сопряжения. ГОСТ 1643—81 и ГОСТ 9178—81 (см. табл. 11.1) содержат допуски для 12 степеней точности передач. Допуски для 1-й и 2-й степеней точности не регламентированы, они предусмотрены для будущего развития.

Для каждой степени точности установлены три нормы точности: кинематической точности зубчатых колес и передач, плавности работы зубчатых колес и передач, контакта зубьев передач. Кроме норм точности стандарты содержат нормы бокового зазора. Независимо от степени точности установлены виды сопряжения: по ГОСТ 1643—81 — Н, Е, D, С, В, А; по ГОСТ 9178—81 — D, Е, F, G, H (видам сопряжения D и E соответствует вид допуска на боковой зазор e, а видам сопряжения F, G, H — виды допусков f, g, h соответственно).

Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору — видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Условные обозначения. Пример условного обозначения точности цилиндрической передачи, имеющей 7-ю степень точности по всем трем нормам, с видом сопряжения зубчатых колес G и соответствием между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор, а также между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния:

7 — G ГОСТ 9178—81.

При комбинировании норм разных степеней точности и изменении соответствия между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор, но при сохранении соот-



ветствия между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния точность зубчатых колес и передач обозначается последовательным написанием трех цифр и двух букв. Первая цифра обозначает степень по нормам кинематической точности, вторая — степень по нормам плавности работы, третья — степень по нормам контакта зубьев; первая из букв — вид сопряжения, а вторая — вид допуска на боковой зазор. Между цифрами, а также перед первой из букв ставится тире, буквы пишутся слитно. Пример условного обозначения точности цилиндрической передачи, имеющей 7-ю степень по нормам кинематической точности, 8-ю степень по нормам плавности работы, 8-ю степень по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения G, видом допуска на боковой зазор / и соответствием между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния:

7—8—8—G/ ГОСТ 9178—81.

В случае, когда на одну из норм не задается степень точности, взамен соответствующей цифры указывается буква N.

**Основные параметры.** Основные параметры цилиндрических передач с внешним зацеплением для редукторов и ускорителей, в том числе и комбинированных (коническо-цилиндрических, червячно-цилиндрических и др.), выполняемых в виде самостоятельных агрегатов, установлены ГОСТ 2185—66 (СТ СЭВ 229—75).

**Межосевые расстояния A:**

1-й ряд, мм: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500;

2-й ряд, мм: 71; 90; 112; 140; 180; 224; 280; 355; 450; 560; 710; 900; 1120; 1400; 1800; 2240.

**Передаточное отношение** — отношение угловых скоростей звеньев механизма.

**Передаточное число** — отношение числа зубьев большого зубчатого колеса к числу зубьев меньшего в зубчатой передаче, числа зубьев червячного колеса к числу заходов червяка в червячной передаче. Всегда больше или равно 1.

**Номинальные передаточные числа i:**

1-й ряд: 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5;

2-й ряд: 1,12; 1,4; 1,8; 2,24; 2,8; 3,55; 4,5; 5,6; 7,1; 9,0; 11,2.

В редукторах, которые должны быть кинематически согласованы между собой, допускается выбирать передаточные числа из ряда Ra40 по ГОСТ 8032—56\*.

Фактические значения передаточных чисел  $i_f$  не должны отличаться от номинальных более чем на 2,5 % при  $i \leq 4,5$  и на 4 % при  $i > 4,5$ .

**Коэффициент ширины зубчатых колес  $\psi = b/A$** , где  $b$  — ширина зубчатого колеса: 0,100; 0,125; 0,160; 0,200; 0,250; 0,315; 0,400; 0,500; 0,630; 0,800; 1,0; 1,25.

Таблица 11.3. Межосевые расстояния для двухступенчатых несоосных редукторов

мм

$A_6$	$A_T$	$A_6$	$A_T$	$A_6$	$A_T$	$A_6$	$A_T$
40	63	160	250	355	560	800	1250
50	80	180	280	400	630	900	1400
63	100	200	315	450	710	1000	1600
80	125	225	355	500	800	1120	1800
100	160	250	400	560	900	1250	2000
125	200	280	450	630	1000	1400	2240
140	225	315	500	710	1120	1600	2500

Примечание. Здесь  $A_6$  и  $A_T$  — межосевые расстояния соответственно быстроходной и тихоходной ступеней.

Таблица 11.4. Межосевые расстояния для трехступенчатых несоосных редукторов

мм

$A_6$	$A_{II}$	$A_T$	$A_6$	$A_{II}$	$A_T$
40	63	100	225	355	560
50	80	125	250	400	630
63	100	160	280	450	710
80	125	200	315	500	800
100	160	250	355	560	900
125	200	315	400	630	1000
140	225	355	450	710	1120
160	250	400	500	800	1250
180	280	450	560	900	1400
200	315	500	630	1000	1600

Примечание. Здесь  $A_6$ ,  $A_{II}$  и  $A_T$  — межосевые расстояния соответственно быстроходной, промежуточной и тихоходной ступеней.

Численные значения ширины зубчатых колес округляются до ближайшего числа из ряда Ra20 по ГОСТ 6636—69 (СТ СЭВ 514—77).

Ширина канавки для выхода режущего инструмента в шевронных зубчатых колесах включается в величину  $b$ .

При различной ширине сопряженных зубчатых колес значение  $\psi$  относится к более узкому из них.

Для двух- и трехступенчатых несоосных редукторов общего назначения стандартом рекомендуются межосевые расстояния, указанные в табл. 11.3 и 11.4.

Общие передаточные числа  $i_{общ}$  для двухступенчатых редукторов:

1-й ряд: 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63;

2-й ряд: 7,1; 9,0; 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45; 56.

Общие передаточные числа  $i_{общ}$  для трехступенчатых редукторов:

1-й ряд: 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400;

2-й ряд: 35,5; 45; 56; 71; 90; 112; 140; 180; 224; 280; 355.

Фактические значения передаточных чисел  $i_f$  не должны отличаться от номинальных более чем на 4 %.

## 11.4. Передачи зубчатые реечные

**Степени точности и виды сопряжения.** ГОСТ 10242—81 устанавливает двенадцать степеней точности зубчатых реек и реечных передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12. Для степеней точности 1 и 2 допуски и предельные отклонения не приведены. Эти степени предусмотрены для будущего развития.

Для каждой степени точности зубчатых реек и реечных передач установлены нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев. Допускается комбинирование этих норм для зубчатых реек и передач разных степеней точности.

Точность зубчатых колес реечных передач по нормам плавности не должна быть грубее точности реек по соответствующим нормам.

Требования к точности зубчатой рейки устанавливаются относительно базовых поверхностей. Погрешности, вносимые при использовании в качестве измерительной базы поверхностей, имеющих неточность формы и расположения относительно базовых поверхностей, должны быть учтены или компенсированы уменьшением производственного допуска.

Независимо от степени точности зубчатых колес, реек и реечных передач приняты шесть видов сопряжения в реечной передаче (A, B, C, D, E, H) и пять видов

допусков на боковой зазор, обозначаемых в порядке убывания буквами a, b, c, d, h. Диапазон степеней точности по нормам плавности работы (СТНП) в зависимости от вида сопряжения:

Вид сопряжения . . . . .	A	B	C	D	E	H
Диапазон СТНП . . . . .	3—12	3—10	3—9	3—8	3—7	3—7

При отсутствии специальных требований к партии и комплекту передач видам сопряжения соответствует следующий вид допусков на боковой зазор:

Вид сопряжения . . . . .	A	B	C	D	E, H
Вид допусков на боковой зазор . . . . .	a	b	c	d	h

Гарантированный боковой зазор в каждом сопряжении обеспечивается при соблюдении предусмотренных классов отклонений монтажного размера (для сопряжений H и E — II класс; для сопряжений D, C, B и A — классы III, IV, V, VI соответственно).

Точность изготовления зубчатых реек и реечных передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору — видом сопряжения по нормам бокового зазора и видом допуска на боковой зазор.

**Условные обозначения.** Пример условного обозначения *точности зубчатой рейки* со степенью точности 7 по всем трем нормам, с видом сопряжения B и неизменным соответствием между видами сопряжения и допуска на боковой зазор и номером стандарта:

7—B ГОСТ 10242—81.

Условное обозначение точности реечной передачи включает указание о точности зубчатого колеса по ГОСТ 1643—81, рейки с допусками по ГОСТ 10242—81 и номера соответствующих стандартов. Пример условного обозначения точности реечной передачи со степенью точности 7 по всем трем нормам для зубчатого колеса и рейки, с видом сопряжения B и соответствием между видами сопряжения и допуска на боковой зазор и номерами стандартов на зубчатое колесо и рейку:

$\frac{7-B \text{ ГОСТ } 1643-81}{7-B \text{ ГОСТ } 10242-81}$

При комбинировании норм разных степеней точности и несоответствии между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор точность зубчатых реек и реечных передач обозначают последовательным написанием трех цифр и двух букв. Между собой и от слитно пишущихся букв цифры отделяются тире. Первая цифра обозначает степень точности по нормам кинематической точности, вторая — степень точности по нормам плавности работы, третья — степень точности по нормам контакта зубьев, первая из букв — вид сопряжения, вторая — вид допуска на боковой зазор. Пример условного обозначения точности реечной передачи, которая состоит из зубчатого колеса (имеющего степень точности 8 по нормам кинематической точности, степень точности 7 по нормам плавности работы и степень точности 7 по нормам контакта зубьев, вид сопряжения B и вид допуска a) и рейки (со степенями точности, видом сопряжения и видом допуска 9—8—8—Ba соответственно):

$\frac{8-7-7-Ba \text{ ГОСТ } 1643-81}{9-8-8-Ba \text{ ГОСТ } 10242-81}$

### 11.5. Передачи зубчатые конические

**Модули.** Для конических колес стандартизованы (см. табл. 11.1) значения внешних окружных делительных модулей. Числовые значения модулей такие же, как для цилиндрических колес (см. п. 11.3). Для конических зубчатых колес допускается определять модуль на среднем конусном расстоянии и в технически обоснованных случаях применять нестандартные значения модулей.

**Степени точности и виды сопряжения.** ГОСТ 1758—81 (см. табл. 11.1) устанавливает двенадцать степеней точности зубчатых колес и зубчатых конических передач,

обозначаемых в порядке убывания точности цифрами 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12. Для степеней точности 1; 2; 3 допуски не даны, они предусмотрены для будущего развития.

Для каждой степени точности зубчатых колес и зубчатых конических передач установлены нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче. Допускается комбинирование этих норм для зубчатых колес и передач различных степеней точности. При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев не могут назначаться по степеням точности более грубыми, чем нормы плавности.

Приняты шесть видов сопряжения зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке убывания гарантированного бокового зазора буквами A, B, C, D, E, H (рис. 11.2).

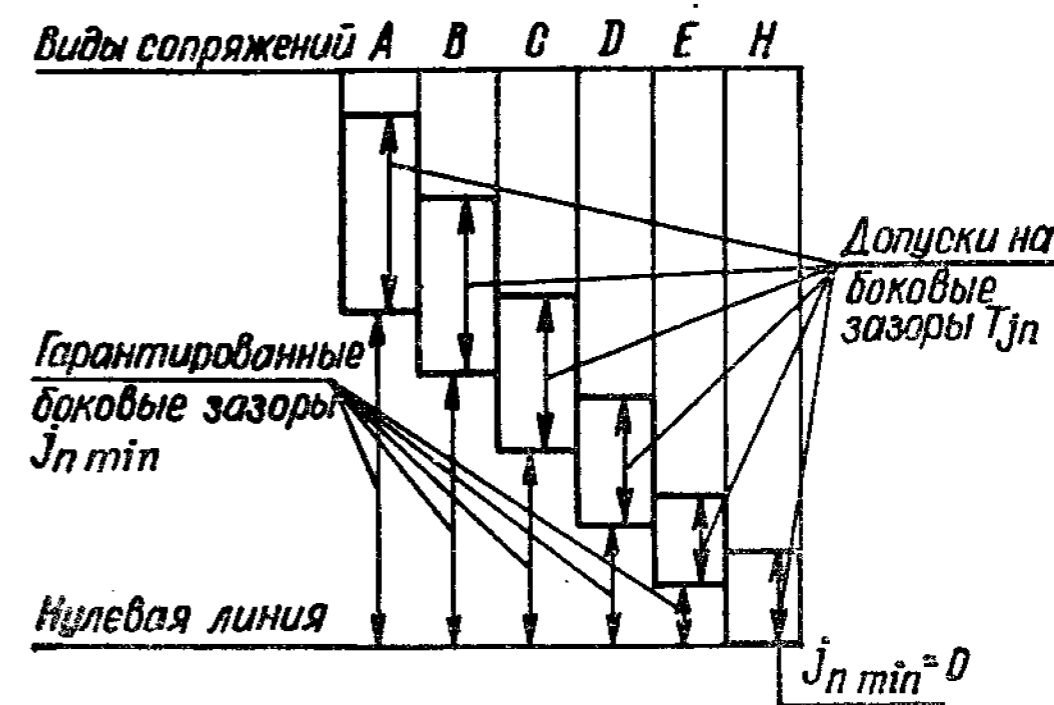


Рис. 11.2. Виды сопряжений и гарантированные боковые зазоры

Сопряжение вида B обеспечивает минимальный размер бокового зазора, при котором исключается возможность заклинивания стальной или чугунной передачи от нагрева при разности температур зубчатых колес и корпуса 25 °С.

Диапазон степени точности по нормам плавности работы (СТНП) в зависимости от вида сопряжения зубчатых колес в передаче:

Вид сопряжения . . . . .	A	B	C	D	E	H
Диапазон СТНП . . . . .	4—12	4—11	4—9	4—8	4—7	4—7

Точность изготовления конических и гипоидных зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору — видом сопряжения по нормам бокового зазора.

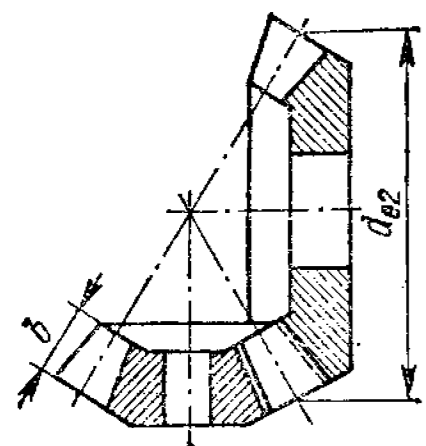
Предусмотрены пять видов допусков на боковой зазор, назначаемых в зависимости от биения зубчатого венца и обозначаемых буквами a, b, c, d, h. Рекомендуемые сочетания видов допусков на боковой зазор с видами сопряжения:

Вид сопряжения . . . . .	A	B	C	D	E, H
Вид допуска на боковой зазор . . . . .	a	b	c	d	h

При выборе вида допуска на боковой зазор в сочетании с видом сопряжения, отличающимся от указанного, обозначение вида сопряжения передачи дополняется буквой, характеризующей вид допуска на боковой зазор. Обе буквы пишутся слитно.

**Условные обозначения.** Пример условного обозначения точности зубчатой конической передачи или пары со степенью точности 7 по всем трем нормам точности, с видом сопряжения зубчатых колес C:

7—C ГОСТ 1758—81.



$d_{g2}$ , мм	Ширина зубчатых венцов $b$ , мм, для номинальных передаточных чисел $u$																
	1,00	(1,12)	1,25	(1,40)	1,60	(1,80)	2,00	(2,24)	2,50	(2,80)	3,15	(3,55)	4,00	(4,50)	5,00	(5,60)	6,30
50	10	9,5	9	9	8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(56)	11	10,5	10	10	9,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	13	12	11,5	11	10,5	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(71)	14	14	13	12	11,5	11,5	11,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	16	15	15	14	13	13	13	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(90)	18	17	16	16	15	15	15	14	12	—	—	—	—	—	—	—	—
100	20	19	18	18	17	17	17	16	15	15	—	—	—	—	—	—	—
(112)	22	21	20	20	19	19	19	18	17	17	15	—	—	—	—	—	—
125	25	24	22	22	21	21	21	20	19	19	19	19	18	—	—	—	—
(140)	28	26	26	24	24	24	24	22	21	21	21	21	21	20	—	—	—
160	32	30	30	28	28	28	28	25	25	25	24	24	24	24	24	24	24
(180)	36	34	32	32	30	30	30	28	28	28	26	26	26	26	26	26	26
200	40	38	38	34	34	34	32	32	30	30	30	30	30	30	30	30	30
(225)	45	42	42	40	38	38	36	36	34	34	34	34	34	34	34	34	34
250	50	48	45	45	42	42	40	40	38	38	38	38	38	38	38	38	38

П р и м е ч а н и я: 1. Стандарт предусматривает диапазон диаметров до 1600 мм. 2. Предпочтительными являются значения без скобок. 3. Фактические значения  $d_{g2}$  не должны отличаться от номинальных более чем на 2 %, а значения  $u$  — более чем на 3 %.

Пример условного обозначения точности передачи со степенью точности 7 и гарантированным боковым зазором 400 мкм (не соответствующим ни одному из указанных видов сопряжения):

7 — 400 ГОСТ 1758—81.

При комбинировании норм разных степеней точности точность зубчатых колес и передач обозначается последовательным написанием трех цифр и буквы. Первая цифра обозначает степень точности по нормам кинематической точности, вторая — по нормам плавности работы, третья — по нормам контакта зубьев, буква — вид сопряжения. Между собой цифры и буквы разделяются тире. Пример условного обозначения точности передачи со степенью точности 8 по нормам кинематической точности, 7 по нормам плавности работы, 6 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения В:

8—7—6—В ГОСТ 1758—81.

**Основные параметры.** Согласно ГОСТ 12289—76, в ортогональных конических зубчатых передачах для редукторов и ускорителей, в том числе комбинированных (коническо-цилиндрических и др.), выполняемых в виде самостоятельных агрегатов, основными параметрами являются следующие: 1) номинальные значения внешнего делительного диаметра зубчатого колеса  $d_{g2}$ , выбираемые из ряда от 50 до 1600 мм (табл. 11.5); 2) номинальные передаточные числа  $u$  (табл. 11.5); 3) ширина зубчатых венцов  $b$  (табл. 11.5). Предпочтительно применять конические передачи с круговыми зубьями.

### 11.6. Передачи червячные цилиндрические

**Модули.** ГОСТ 19672—74 (см. табл. 11.1) устанавливает два ряда значений модулей на червяки и червячные колеса:

- 1-й ряд, мм: 0,10; 0,125; 0,16; 0,20; 0,25; 0,315; 0,40; 0,50; 0,63; 0,80; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25;
- 2-й ряд, мм: 0,15; 0,30; 0,60; 1,5; 3,0; 3,5; 6,0; 7,0; 12.

Модули  $m$  определяются в осевом сечении червяка и должны соответствовать значениям, указанным выше.

Коэффициенты диаметра червяка  $q$  должны соответствовать рядам:

- 1-й ряд: 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0;
- 2-й ряд: 7,1; 9,0; 11,2; 14,0; 18,0; 22,4.

Допускается применение  $q = 7,5$  и  $q = 12,0$ ; значение  $q = 25,0$  по возможности не применять.

**Степени точности и виды сопряжения.** ГОСТ 3675—81 (см. табл. 11.1) распространяется на червячные цилиндрические передачи и червячные пары (без корпуса), выполняемые в соответствии с ГОСТ 19036—81, с архимедовыми червяками ЗА, вольвентными червяками Z1, конвольютными червяками ZN всех типов и с червяками типов ZK, образцованные конусом, с межосевым углом 90°, с модулем от 1 до 25 мм, с делительным диаметром червяка до 450 мм и делительным диаметром червячного колеса до 6300 мм.

Установлены двенадцать степеней точности червяков, червячных пар и червячных передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами от 1 до 12. Для каждой степени приняты нормы кинематической точности, нормы плавности работы и нормы контакта зубьев и витков.

Установлены шесть видов сопряжения червяка с червячным колесом (А, В, С, D, Е, Н) и восемь видов допусков  $T_{\text{ш}}$  на боковой зазор ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $h$ ). Обозначения приведены в порядке убывания размера бокового зазора и допуска на него.

Рекомендуемое соответствие между видами сопряжения червяка с червячным колесом в передаче и степенью точности по нормам плавности работы:

Вид сопряжения . . . . .	А, В	С	Д	Е, Н
Степень точности по нормам плавности работы . . .	5—12	3—9	3—8	2—6



## 11.8. Выбор степени точности зубчатых передач

Степень точности зубчатых колес и передач устанавливают в зависимости от требований к кинематической точности, плавности, передаваемой мощности, а также от окружной скорости зубчатых колес. Например, для прямозубых зубчатых колес при окружной скорости 10—15 м/с применяют 6-ю или 7-ю степень точности, а при скорости 20—40 м/с — 4-ю или 5-ю степень точности [111].

Степень точности назначают расчетным путем или по прототипу, при этом используют принцип комбинирования норм точности, т. е. в каждом конкретном случае назначают различные степени точности по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев.

Комбинирование целесообразно как с эксплуатационной, так и с технологической точек зрения, так как позволяет выполнять по более жестким допускам только те параметры, которые влияют в данном случае на конкретные эксплуатационные свойства, а остальные параметры — по более грубым допускам.

При комбинировании степеней точности учитывают следующие ограничения: нормы плавности могут быть не более чем на одну или две степени точности грубее норм кинематической точности, нормы контакта могут назначаться по степеням более точным, чем нормы плавности. Для цилиндрических зубчатых передач нормы контакта допускается назначать на одну степень грубее норм плавности. Эти ограничения обусловлены наличием определенной взаимосвязи между показателями точности зубчатых колес и регламентированы соответствующими стандартами (см. пп. 11.3—11.6).

Степень точности по нормам контакта обычно выбирают совпадающей со степенью точности по нормам плавности. Например, для тракторов, грузовых автомобилей применяют зубчатые передачи 7—6—6—С или 8—7—7—С, для редукторов турбин — передачи 6—5—5—В, в металлургическом машиностроении — передачи 8—7—7—В. Для силовых передач прокатных станов применяют зубчатые колеса с повышенной точностью по нормам контакта: 8—7—6—В. Для делительных и других отсчетных механизмов степени точности по нормам кинематической точности и плавности принимают одинаковыми, а иногда кинематическая точность на одну степень точнее плавности, например 4—5—5—D.

## Глава 12. СТАНДАРТИЗОВАННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЕТАЛЕЙ

### 12.1 Отверстия центровые

Формы центровых отверстий, области их применения и условные обозначения, установленные стандартом [121], приведены в табл. 12.1 и 12.2. Размеры центровых отверстий приведены в табл. 12.3 и 12.4.

Точность линейных и угловых размеров отверстий обеспечивается центровочным режущим инструментом. В центровых отверстиях с углом конуса  $60^\circ$  длина конической поверхности  $l_1$  может быть уменьшена до 0,5l в технически обоснованных случаях.

Резьба по ГОСТ 9150—81 (СТ СЭВ 180—75). Поле допуска резьбы — 7H по ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77).

Параметры шероховатости поверхностей центровых отверстий: посадочных (конусной и дугообразной) поверхностей —  $R_a \leq 2,5$  мкм; поверхностей резьбы и предохранительных фасок —  $R_z < 80$  мкм.

### 12.2. Радиусы закруглений, фаски, канавки

Размеры радиусов закруглений и фасок для деталей, изготовленных из металла и пластмасс, должны соответствовать указанному в табл. 12.5 [116], кроме радиусов закруглений (сгиба) гнутых деталей, фасок на резьбах, радиусов проточек для вы-

Видам сопряжения Н и Е соответствует вид допуска на боковой зазор h, а видам сопряжения D, C, B, A — виды допусков d, c, b, a. Могут быть использованы виды допусков на боковой зазор x, y, z.

Точность изготовления червячных передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору — видом сопряжения по нормам бокового зазора и видом допуска на боковой зазор.

**Условные обозначения.** Пример условного обозначения точности червячной передачи или пары со степенью точности 7 по всем трем нормам, с видом сопряжения элементов передачи C и соответствием между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор:

7—C ГОСТ 3675—81.

При комбинировании норм разных степеней точности и изменении соответствия между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор точность червяка, червячного колеса, червячной передачи и червячной пары обозначается последовательным написанием трех цифр и двух букв. Между собой и от слитно пишущихся букв цифры отделяются тире. Первая цифра обозначает степень точности по нормам кинематической точности, вторая — степень точности по нормам плавности работы, третья — степень точности по нормам контакта зубьев червячного колеса и витков червяка, первая из букв — вид сопряжения, вторая — вид допуска на боковой зазор. Пример условного обозначения точности червячной передачи со степенью точности 8 по нормам кинематической точности, 7 по нормам плавности, 6 по нормам контакта зубьев червячного колеса и витков червяка, с видом сопряжения червяка и червячного колеса B и видом допуска на боковой зазор a:

8—7—6—Ba ГОСТ 3675—81.

## 11.7. Редукторы. Высоты осей. Передаточные числа

ГОСТ 24386—80 (СТ СЭВ 1029—78) устанавливает высоты осей зубчатых редукторов общемашиностроительного применения, тихоходные валы которых расположены параллельно опорной плоскости редуктора.

Номинальные значения высот осей (расстояние от опорной плоскости редуктора до оси тихоходного вала) должны выбираться из рядов:

1-й ряд, мм: 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600;

2-й ряд, мм: 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600;

3-й ряд, мм: 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 106; 112; 118; 125; 132; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 212; 225; 236; 250; 265; 280; 300; 315; 335; 355; 375; 400; 425; 450; 475; 500; 530; 560; 600; 630; 670; 710; 750; 800; 850; 900; 950; 1000; 1060; 1120; 1180; 1250; 1320; 1400; 1500; 1600.

Верхние предельные отклонения высот осей должны быть равны нулю, нижние не должны превышать следующих значений:

Высота оси, мм . . .	До 50	Св. 50 до 250	Св. 250 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000
Нижнее предельное отклонение, мм . . . . .	—0,4	—0,5	—1,0	—1,5	—2,0

СТ СЭВ 221—75 устанавливает три ряда номинальных значений передаточных чисел зубчатых редукторов общего назначения, выполняемых в виде самостоятельных агрегатов:

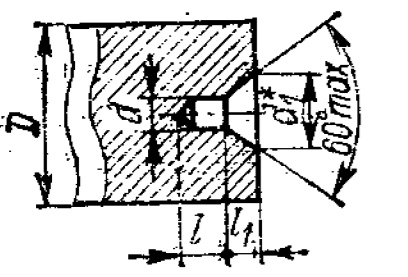
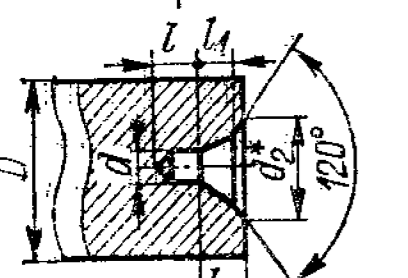
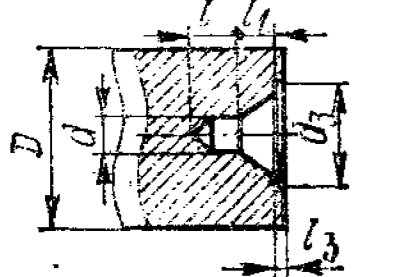
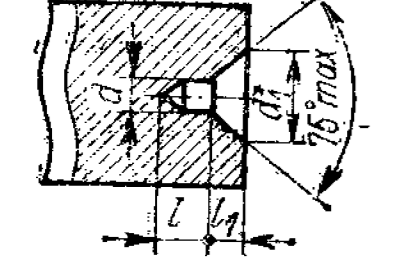
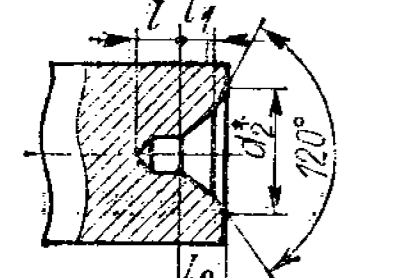
1-й ряд: 1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800.

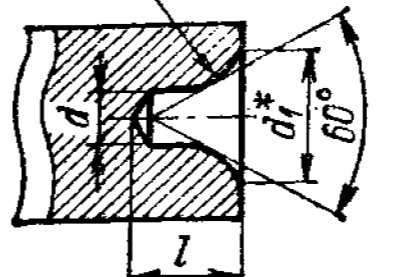
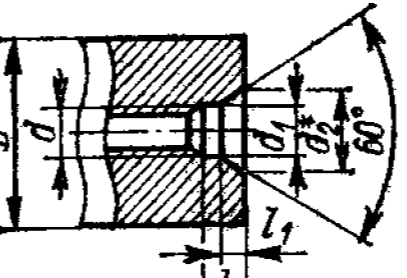
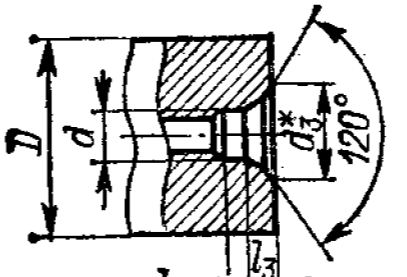
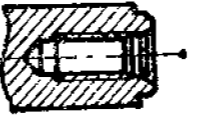
2-й и 3-й ряды, установленные стандартом, здесь не приводятся.



Т а б л и ц а 12.1. Формы центровых отверстий и области применения по ГОСТ 14034—74

Продолжение табл. 12.1

Эскиз	Форма	Область применения
 <p>Угол конуса 60°, без предохранительного конуса</p>	A	<p>1. В изделиях, после обработки которых необходимость в центровых отверстиях отпадает</p> <p>2. В изделиях, которые подвергаются термообработке до твердости, гарантирующей сохранность центровых отверстий в процессе эксплуатации</p>
 <p>Угол конуса 60°, с предохранительным конусом</p>	B	В изделиях, в которых центровые отверстия являются базой для повторного или многократного использования, а также в случаях, когда центровые отверстия сохраняются в готовых изделиях
 <p>Угол конуса 60°</p>	I	Для оправок и калибров-пробок
 <p>Угол конуса 75°</p>	C	Для крупных валов (назначение аналогично форме А)
 <p>Угол конуса 75°</p>	E	Для крупных валов (назначение аналогично форме В)

Эскиз	Форма	Область применения
 <p>Дугообразная образующая</p>	R	Для обработки изделий повышенной точности
 <p>Метрическая резьба без предохранительного конуса</p>	F	В изделиях типа валов с креплением деталей по центру вниз для монтажных работ, транспортирования, хранения и термообработки деталей в вертикальном положении
 <p>Метрическая резьба с предохранительным конусом</p>	H	
 <p>Метрическая резьба</p>	P	Для конусов инструмента: Морзе, метрических и др.

\* Размеры для справок.

Т а б л и ц а 12.2. Примеры условного обозначения центровых отверстий по ГОСТ 14034—74

Форма	Диаметр d, мм	Условное обозначение
A	4	Отв. центр. А4 ГОСТ 14034—74
C	8	Отв. центр. С8 ГОСТ 14034—74
R	4	Отв. центр. R4 ГОСТ 14034—74
F	M3 (диаметр резьбы)	Отв. центр. FM3 ГОСТ 14034—74

Таблица 12.3. Размеры центровых отверстий для форм А, В и Т (см. табл. 12.1) по ГОСТ 14034—74 мм

D		$d_1$ *	$d_2$ *		$l_1$ , не менее			$l_2$ , не менее
3	(0,8)	1,70	2,50	—	1,1	0,78	1,02	—
4	1,0	2,12	3,15	—	1,3	0,97	1,27	—
5	(1,25)	2,65	4,00	—	1,6	1,21	1,60	—
6	1,6	3,35	5,00	—	2,0	1,52	1,99	—
10	2,0	4,25	6,30	7,0	2,5	1,95	2,54	0,6
14	2,5	5,30	8,00	9,0	3,1	2,42	3,20	0,8
20	3,15	6,70	10,00	12,0	3,9	3,07	4,03	0,9
30	4	8,50	12,50	16,0	5,0	3,90	5,06	1,2
40	(5)	10,60	16,00	20,0	6,3	4,85	6,41	1,6
60	6,3	13,20	18,00	25,0	8,0	5,98	7,36	1,8
80	(8)	17,00	22,40	32,0	10,1	7,79	9,35	2,0
100	10	21,20	28,00	36,0	12,8	9,70	11,66	2,5
120	12	25,40	33,00	—	14,6	11,60	13,80	—
160	16	33,90	42,50	—	19,2	15,50	18,00	—

Примечания. 1. Стандарт предусматривает также  $D = 2,0; 2,5; 240$  и  $360$  мм. 2. Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется. 3. Предельные отклонения размеров:  $d_3$  — по Н14;  $l_1$  — по Н11 (для  $D = 3,4$  мм) и Н12 (для остальных значений диаметров);  $l_2$  — по Н12.

\* Размеры для справок.

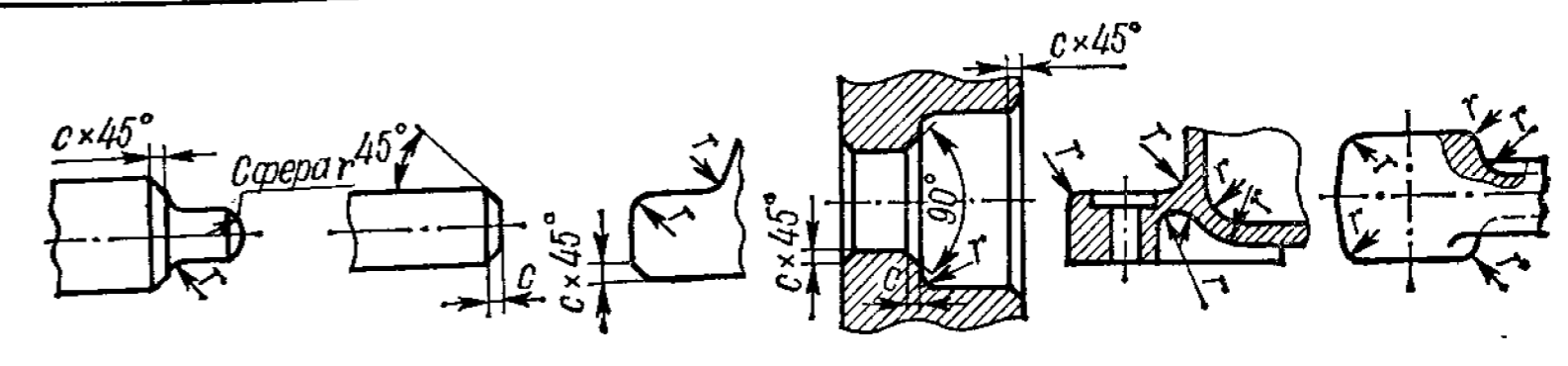
Таблица 12.4. Размеры центровых отверстий для форм F и H (см. табл. 12.1) по ГОСТ 14034—74 мм

D для форм			$d_1$	$d_2$ *	$d_3$ *	$l_1$ , не более	$l_2$ , не более	$l_3$
F	H	$d$						
8	—	M3	3,2	5	—	2,8	1,56	—
10	16	M4	4,3	6,5	8,2	3,5	1,9	2,4
12,5	20	M5	5,3	8	11,4	4,5	2,3	3,3
16	25	M6	6,4	10	13,3	5,5	3	4
20	32	M8	8,4	12,5	16	7	3,5	4,5
25	40	M10	11	15,6	19,8	9	4	5,2
32	50	M12	13	18	22	10	4,3	5,5
40	63	M16	17	22,8	28,7	11	5	6,5
63	80	M20	21	28	33	12,5	6	7,5
100	—	M24	25	36	43	14	9,5	11,5
160	—	M30	31	44,8	51,8	18	12	14

Примечания: 1. Размеры  $D$  — рекомендуемые. 2. Для формы H размеры  $l_1, d_1, d_2$  такие же, как для формы F. 3. Предельные отклонения размеров:  $d_1$  — по Н14;  $l_1$  — по Н15;  $l_2$  — по Н15.

\* Размеры для справок.

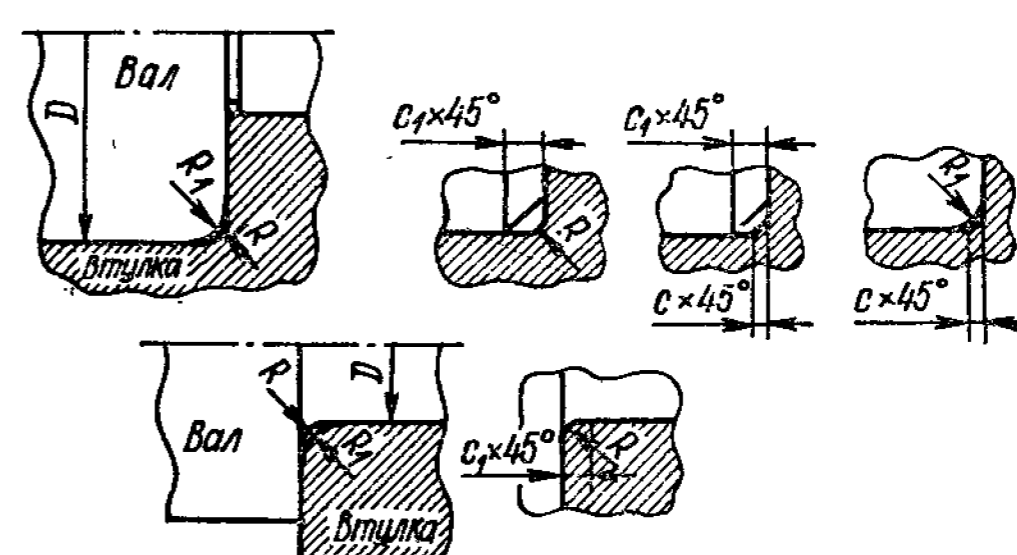
Таблица 12.5. Радиусы закруглений  $r$  и фаски  $c$  для сталей общего назначения по ГОСТ 10948—64 (СТ СЭВ 2814—80) мм



1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
0,10	0,10	—	0,80	6,0	6,0	—	50
—	0,12	1,0	1,0	—	8,0	63	63
0,16	0,16	—	1,2	10	10	—	80
—	0,20	1,6	1,6	—	12	100	100
0,25	0,25	—	2,0	16	16	—	125
—	0,30	2,5	2,5	—	20	160	160
0,40	0,40	—	3,0	25	25	—	200
—	0,50	4,0	4,0	—	32	250	250
0,60	0,60	—	5,0	40	40	—	—

Примечания: 1. При выборе размеров радиусов и фасок 1-й ряд следует предпочитать 2-му. 2. Допускается вместо размера 63 мм применять размер 60 мм. 3. В обоснованных случаях допускается применять фаски с углами, отличными от 45°.

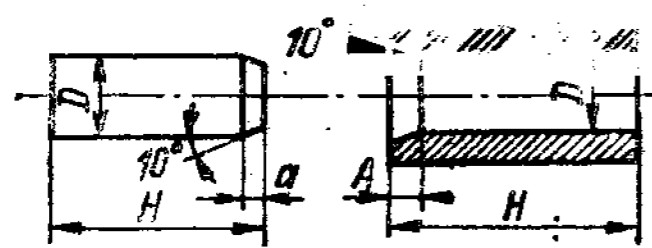
Таблица 12.6. Рекомендуемые радиусы закруглений и фаски, сопрягаемые по диаметру  $D$  вала и втулки [43] мм



$L$	$R; c$	$R_1; c_1$	$D$	$R; c$	$R_1; c_1$
Св. 3 до 6	0,4	0,6	Св. 68 до 100	3	4
» 6 » 10	0,6	1	» 100 » 150	4	5
» 10 » 18	1	1,6	» 150 » 200	5	6
» 18 » 28	1,6	2	» 200 » 250	6	8
» 28 » 46	2	2,5	» 250 » 300	8	10
» 46 » 68	2,5	3			

Примечания: 1. Предельные отклонения радиусов и фасок могут быть приняты по 14-му качеству в зависимости от размера  $D$  со знаком минус для  $R$  и со знаком плюс для  $R_1$  и  $c_1$ . 2. Нормально фаска снимается под углом 45°.

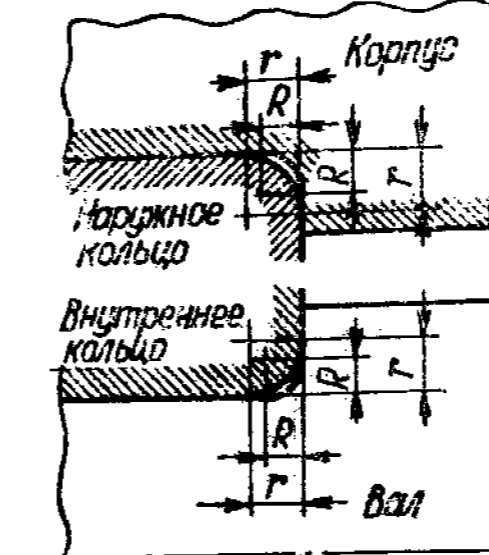
Таблица 12.7. Рекомендуемые размеры входных фасок поверхностей, сопрягаемых по неподвижным посадкам [43]



Посадка		D	a	A
ОСТ	ГОСТ СЭВ	мм		
Все переходные; $\frac{A_1}{Pr1_1}; \frac{A_1}{Pr2_1};$ $\frac{A}{Pr}; \frac{A}{Gr}$	Все переходные; $\frac{H6}{r5}; \frac{H6}{s5}; \frac{H7}{r6};$ $\frac{H7}{s6}; \frac{H7}{u7}$	До 30	0,5	1,0
		Св. 30 до 100	1,0	1,6
		» 100 » 260	2,0	2,5
		» 260 » 500	3,0	4,0
$\frac{A_{2a}}{Pr1_{2a}}; \frac{A_3}{Pr1_3}$	$\frac{H8}{s7}; \frac{H8}{x8};$ $\frac{H8}{u8}; \frac{H8}{s8}$	До 50	1,0	1,6
		Св. 50 до 100	2,0	2,5
		» 100 » 260	3,0	4,0
		» 260 » 500	4,0	5,0
$\frac{A_3}{Pr2_3}$	$\frac{H8}{z8}; \frac{H8}{x8}; \frac{H8}{u8}$	До 50	1,6	2,0
		Св. 50 до 100	2,0	2,5
		» 100 » 260	4,0	5,0
		» 260 » 500	6,0	8,0
$\frac{A_3}{Pr3_3}$	$\frac{H8}{z8}; \frac{H8}{x8}; \frac{H8}{u8}$	До 50	2,0	2,5
		Св. 50 до 100	3,0	4,0
		» 100 » 260	5,0	6,0
		» 260 » 500	8,0	10

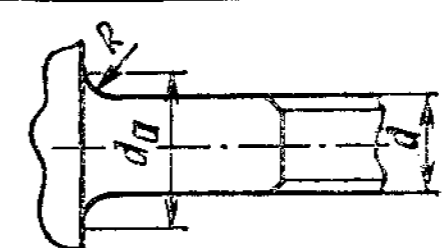
Примечания: 1. Входные фаски изготавливаются с одной стороны деталей. 2. При  $H > D$  допускается увеличение фасок до ближайшего большего размера для данной группы посадок. 3. Предельные отклонения входных фасок могут быть приняты  $\pm \frac{IT14}{2}$  в зависимости от размера D.

Таблица 12.8. Скругления вала r и корпуса R для шарико- и роликоподшипников по ГОСТ 4253-48 (до 01 01 93) мм



ном	R <sub>max</sub>	ном	R <sub>max</sub>
0,2	0,1	2,0	1,0
0,3	0,2	2,5	1,5
0,4	0,2	3,0	2,0
0,5	0,3	3,5	2,0
0,8	0,5	4,0	2,5
1,0	0,6	5,0	3,0
1,2	0,8	6,0	4,0
1,5	1,0	8,0	5,0

Таблица 12.9. Размеры радиусов под головкой болтов, винтов, шурупов по ГОСТ 24670-81 (СТ СЭВ 1014-78) мм



Номинальный диаметр резьбы стержня d	R, не менее	d <sub>a</sub> , не более, при классе точности болта, винта, шурупа			Номинальный диаметр резьбы стержня d	R, не менее	d <sub>a</sub> , не более, при классе точности болта, винта, шурупа				
		A	B	C			A	B	C		
1,0	0,10	1,4	—	—	12,0	0,60	14,2	14,2	15,2		
1,2		1,6	—	—	14,0		16,2	16,2	17,2		
1,4		1,8	—	—	16,0		18,2	18,2	19,2		
1,6		2,0	—	—	18,0		20,2	20,2	21,2		
2,0	0,10	2,6	—	—	20,0	0,80	22,4	22,4	24,4		
2,5		3,1	3,1	—	22,0		24,4	24,4	26,4		
3,0		3,6	3,6	—	24,0		26,4	26,4	28,4		
3,5		4,1	4,1	—	27,0		30,4	30,4	32,4		
4,0	0,20	4,7	4,7	—	30,0	1,00	33,4	33,4	35,4		
5,0		5,7	5,7	6,0	33,0		36,4	36,4	38,4		
6,0		6,8	6,8	7,2	36,0		39,4	39,4	42,4		
7,0		7,8	7,8	8,2	39,0		42,4	42,4	45,4		
8,0	0,25	9,2	9,2	10,2	42,0	1,20	45,6	45,6	48,6		
10,0		11,2	11,2	12,2	45,0		48,6	48,6	52,6		
8,0		0,40	9,2	9,2	10,2		48,0	1,60	52,6	52,6	56,8
10,0			11,2	11,2	12,2		52,0		56,6	56,6	62,6

Примечания: 1. Размер d<sub>a</sub> — диаметр окружности, образованной при сопряжении галтели радиусом R с опорной плоскостью головки болта, винта или шурупа. 2. Для шурупов размеры R и d<sub>a</sub> принимают, как правило, по классу точности C. 3. В пределах диаметра d<sub>a</sub> допускается сопряжение стержня с головкой дугами нескольких радиусов и другими кривыми.

Таблица 12.10. Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга по ГОСТ 8820—69\*

Продолжение табл. 12.10

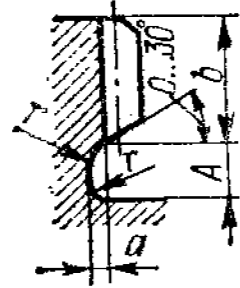
Шлифование по цилиндру и торцу		
Форма канавок		
Место шлифования	Наружное шлифование	Внутреннее шлифование
По цилиндру	<p>Исполнение 1</p> <p>Исполнение 2</p>	<p>Припуск на шлифование</p>
	<p>По торцу</p>	<p>По торцу</p>
По цилиндру и торцу	<p>Исполнение 1</p> <p>Исполнение 2</p>	<p>Исполнение 3</p> <p>Исполнение 4</p>

Размеры канавок для наружного и внутреннего шлифования (кроме исполнения 4)							
мм							
b для исполнения		d	h	r1	d2 (наружное шлифование)	d2 (внутреннее шлифование)	
1; 2	3						
1 1,6 2	—	≤ 10	0,2 0,2 0,3	0,3 0,5 0,5	0,2 0,3 0,3	d - 0,3 d - 0,3 d - 0,5	d + 0,3 d + 0,3 d + 0,5
3 5	1,5 2,25	Св. 10 до 50 » 50 » 100	0,3 0,5	1 1,6	0,5	d - 0,5 d - 1	d + 0,5 d + 1
8 10	2,8 5,0	Св. 100	0,5	2 3	1	d - 1	d + 1
Размеры канавок исполнения 4							
мм							
b	d1	r	r1	c	r2		
1,1 2,2 4,3 6,4	d - 0,2 d - 0,4 d - 0,6 d - 0,8	0,1 0,2 0,3 0,4	0,5 1,0 1,5 2,3	0,8 1,5 3,3 5,0	0,2 0,4 0,6 1,0		
Плоское шлифование							
Форма канавок:					Размеры канавок (мм) для исполнений 1 и 2		
					b	h1	r2
Исполнение 1		Исполнение 2			2	1,6	0,5
Исполнение 1		Исполнение 2			3	2,0	1,0
Исполнение 1		Исполнение 2			5	3,0	1,6

Примечания: 1. При шлифовании на одной детали нескольких различных диаметров рекомендуется применять канавки одного размера. 2. При ширине канавки  $b \leq 2$  мм допускается применять закругление с обеих сторон, равное  $r$ . 3. Допускается применять другие размеры канавок исходя из прочностных или конструктивных особенностей изделия.



Т а б л и ц а 12.11. Профиль и размеры канавок для выхода долбяков по ГОСТ 14775—81 мм



Ширина зубчатого, шлицевого венца $h$	$A_1$ , не менее	$a$ , не менее		$z$ , не менее	
		для зубчатых колес	для шлицевых венцов	для зубчатых колес	для шлицевых венцов
До 10	1,0				
Св. 10 до 15	1,5				
» 15 » 20	2,0	0,5	0,25	0,4	0,2
» 20 » 35	2,5				
Св. 35 до 40	3,0				
» 40 » 45	3,5	1,0			
» 45 » 50	4,0				
Св. 50 до 55	4,5		1,00	1,0	1,0
» 55 » 60	5,0				
» 60 » 75	5,5	2,0			
» 75 » 80	6,0				
Св. 80 до 90	7,0				
» 90 » 100	8,0	3,0	1,60	1,6	1,6
» 100 » 120	9,0				

Примечания: 1. Размер  $A$  рассчитывается по формуле  $A = A_1 + A_2$ , где  $A_1$  — составляющая, учитывающая перебеги долбяка;  $A_2$  — составляющая, зависящая от свойств обрабатываемого материала и условий резания и выбираемая из соотношения  $A_2 = (1 \div 3) A_1$ . Наименьшее значение  $A_2$  рекомендуется принимать при обработке хрупких материалов с характерной стружкой скалывания, малых толщинах срезаемого материала и интенсивном смысле образующейся стружки смазочно-охлаждающей жидкостью: наибольшее значение — при обработке вязких материалов с характерной сливной стружкой и больших толщинах срезаемого материала. 2. Приведенные значения  $A_1$  не распространяются на ширину канавки для косозубых колес. 3. Для изделий крупносерийного и массового производства в технически обоснованных случаях допускается уменьшение ширины  $A$  и применение канавок другого профиля. 4. Для шлицевых венцов допускается уменьшение ширины канавки на величину  $A/3$  по сравнению с величиной, подсчитанной по приведенной формуле. 5. Рекомендуемые допуски линейных размеров канавок  $\pm \frac{IT15}{9}$

хода резьбообразующего инструмента, фасок и радиусов закруглений в шарико- и роликоподшипниках и в местах их сопряжения с валми и корпусами. Рекомендуемые размеры радиусов закруглений и фасок для типовых соединений и деталей приведены в табл. 12.6—12.8.

Размеры радиусов под головкой крепежных деталей, кроме винтов и шурупов с потайными и полупотайными головками, приведены в табл. 12.9 [131].

Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга на деталях со шлифованными поверхностями, в конструкциях которых предусмотрены такие канавки, приведены в табл. 12.10. Предельные отклонения размеров и шероховатость поверхности канавок назначают, исходя из конструктивных требований к изготавливаемым деталям.

Профиль и размеры канавок для выхода зуборезных долбяков у цилиндрических зубчатых колес наружного и внутреннего эвольвентного зацепления, а также у шлицевых эвольвентных венцов приведены в табл. 12.11.

### 12.3. Отверстия под концы установочных винтов

Типы, размеры и предельные отклонения отверстий под концы установочных винтов приведены в табл. 12.12 [118].

### 12.4. Элементы крепежных деталей

Форма и размеры концов болтов, винтов и шпилек приведены в табл. 12.13 [117]. Форма и размеры (линейные и угловые) опорных поверхностей под крепежные детали с диаметром стержня от 1 до 48 мм, установленные стандартом [119], приведены в табл. 12.14—12.16. С 01.01.84 в ГОСТ 12876—67\* [119] вводится СТ СЭВ 213—82, что внесет большой объем изменений.

Обработка опорных поверхностей под крепежные детали ( $D \times h$ ;  $D_1$ ) производится в технически обоснованных случаях. Между опорной и цилиндрической поверхностями допускается радиус закругления не более 0,3 мм.

Размеры сквозных продолговатых отверстий для болтов, винтов и шпилек диаметром от 6 до 48 мм приведены в табл. 12.17.

Основные размеры нормальных и уменьшенных шестигранных головок болтов, винтов, шурупов и шестигранных гаек с размерами резьбы от М1 до М52, установленные впервые введенным стандартом [132], приведены в табл. 12.18.

Стандартные размеры прямых шлицев для винтов с цилиндрическими, цилиндрическими скругленными, цилиндрическими со сферой, полукруглыми, потайными и полупотайными головками, для установочных винтов и для шурупов с полукруглой, потайной и полупотайной головками приведены в табл. 12.19 [130]. Требования к форме (геометрии) шлицев — по ГОСТ 1759—70 (СТ СЭВ 607—77).

### 12.5. Рифления прямые и сетчатые

Форма и основные размеры рифлений (высота  $h$ , угол  $\alpha$  и зависимость шага рифлений  $P$  от диаметра  $D$  и ширины  $B$  накатываемой поверхности) приведены в табл. 12.20 [127].

Примеры условного обозначения рифлений в конструкторской документации: а) прямое рифление с шагом  $P = 1,0$  мм:

Рифление прямое 1,0 ГОСТ 21474—75;

б) сетчатое рифление с шагом  $P = 1,0$  мм:

Рифление сетчатое 1,0 ГОСТ 21474—75.

Таблица 12.12. Типы и размеры отверстий под концы установочных винтов по ГОСТ 12415—80  
мм

Номинальный диаметр резьбы винта $d$	Tun 1			Tun 2			Tun 3		
	$d_1$	$h_1$	$h_3$	$d_1$	$h_1$	$h_2$	$d_1$	$h_1$	$h_3$
1,0	0,5	—	0,2	6,0	4,0	2,0	1,0	2,0	
1,2	0,6	—	0,3	8,0	5,5	2,5	1,0	2,7	
1,6	0,8	0,6	0,4	10,0	7,0	3,0	1,2	3,5	
2,0	1,0	0,8	—	12,0	8,5	4,0	1,6	4,2	
2,5	1,5	1,0	0,7	16,0	12,0	4,0	2,0	6,0	
3,0	2,0	1,2	1,0	20,0	15,0	6,0	2,5	7,5	
4,0	2,5	1,6	1,2	24,0	18,0	6,0	2,5	9,0	
5,0	3,5	1,6	1,7						

Примечания: 1. Предельные отклонения размера  $d_1$  — по H14, размеров  $h_1$  и  $h_2$  — по  $\pm \frac{IT14}{2}$ . 2. Допускается до 01.01.86 вместо  $d_1=4,0; 5,5; 7,0; 8,5$  мм применять соответственно  $d_1=4,5; 6,0; 7,5; 9,0$  мм

Продолжение табл. 12.13

$d$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$R$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$ , не менее
		не более							
1,0	0,5	—	—	—	0,1	0,2	—	0,1	0,2
1,2	0,6	—	—	—	0,1	0,3	—	0,2	0,2
1,4	0,7	—	—	0,7	0,1	0,35	—	0,2	0,2
1,6	0,8	—	—	0,8	0,1	0,4	—	0,2	0,3
2,0	1,0	0,2	—	1,0	0,1	0,5	1,0	0,3	0,3
2,5	1,5	0,3	—	1,2	0,2	0,63	1,25	0,4	0,3
3,0	2,0	0,4	—	1,4	0,3	0,75	1,5	0,4	0,5
3,5	2,2	0,4	—	1,7	0,3	0,88	1,75	0,4	0,5
4,0	2,5	0,5	—	2,0	0,3	1,0	2,0	0,5	0,5
5,0	3,5	0,5	—	2,5	0,3	1,25	2,5	0,6	1,0
6,0	4,0 (4,5)	0,5	1,5	3,0	0,4	1,5	3,0	0,7	1,0
7,0	5,0	0,5	2,0	4,0	0,4	1,75	3,5	0,8	1,0
8,0	5,5 (6)	0,5	2,0	5,0	0,4	2,0	4,0	1,0	1,4
10,0	7,0 (7,5)	1,0	2,5	6,0	0,5	2,5	5,0	1,0	1,6
12,0	8,5 (9)	1,0	3,0	8,0	0,6	3,0	6,0	1,2	1,6
14,0	10,0	2,0	4,0	9,0	0,8	3,5	7,0	1,5	1,6
16,0	12,0	3,0	4,0	10,0	0,8	4,0	8,0	1,7	2,0
18,0	13,0	4,0	5,0	12,0	0,8	4,5	9,0	2,0	2,0
20,0	15,0	5,0	5,0	14,0	1,0	5,0	10,0	2,0	2,5
22,0	17,0	5,0	6,0	16,0	1,0	5,5	11,0	2,5	2,5
24,0	18,0	6,0	6,0	16,0	1,0	6,0	12,0	2,5	2,5
27,0	21,0	7,0	8,0	—	1,2	6,7	13,5	—	—
30,0	23,0	7,0	8,0	—	1,2	7,5	15,0	—	—
33,0	26,0	8,0	10,0	—	1,6	8,2	16,5	—	—
36,0	28,0	8,0	10,0	—	1,6	9,0	18,0	—	—
39,0	30,0	8,0	12,0	—	—	9,7	19,5	—	—
42,0	32,0	8,0	12,0	—	—	10,5	21,0	—	—
45,0	35,0	11,0	14,0	—	—	11,2	22,5	—	—
48,0	38,0	14,0	14,0	—	—	12,0	24,0	—	—

Таблица 12.13. Форма и размеры концов болтов, винтов и шпилек по ГОСТ 12414—66 (СТ СЭВ 215—82)  
мм

Примечания: 1. Лунка на торце стержня накатанных изделий допускается глубиной не более 1,5 шага резьбы. 2. Ширина фаски (сферы)  $z$  должна быть не более чем 2 шага резьбы. 3. Диаметр торца стержня  $D$  должен быть меньше внутреннего диаметра резьбы  $d_1$ . 4. Предельные отклонения размеров:  $d_2$  и  $d_5$  по H14;  $z_1$  и  $z_2$  по  $\pm IT14$ . 5. Здесь  $2P_{max}$  — область неполной резьбы. 6. Угол  $45^\circ$  относится только к части конца ниже внутреннего диаметра резьбы.

Таблица 12.14. Поверхности опорные под винты и шурупы по ГОСТ 12876—67\* мм

Номинальный диаметр резьбы или стержня $d$	Под винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ, с полукруглой и цилиндрической головками						Под винты с потайной и полупотайной головками и шурупы	
	$D$		$D_1$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$D$
	1-й ряд	2-й ряд						
1	2,3	—	—	—	0,7	—	2,5	
1,2	2,6	—	—	—	0,8	—	2,8	
1,4	2,9	—	—	—	1	—	3,2	
1,6	3,3	—	—	—	1,2	—	3,8	
2	4,3	—	—	—	1,4	2	4,6	
2,5	5	—	—	—	1,7	2,5	5,6	
3	6,5	—	—	—	2	3	6,5	
3,5	—	—	—	—	—	—	—	
4	8	12	4	5,5	2,8	4	8,3	
5	10	15	5	7	3,5	5	10,3	
6	11	12	18	6	8	4	12,3	
8	14	15	20	8	11	5	16,5	
10	17	18	24	10	13	6	20	
12	19	20	26	12	16	7	24	
14	22	24	30	14	18	8	28	
16	26	28	34	16	20	9	31	
18	28	30	36	18	23	10	35	
20	32	34	40	20	25	11	39	
22	36	38	—	22	28	—	—	
24	38	40	—	24	30	—	—	
27	42	45	—	27	34	—	—	
30	48	50	—	30	38	—	—	
36	57	60	—	36	45	—	—	
42	65	68	—	42	52	—	—	
48	75	80	—	48	61	—	—	

Примечания: 1. Значение  $D$  под винты с цилиндрической головкой рекомендуется применять: а) по 1-му ряду — для сквозных отверстий 1-го ряда ГОСТ 11284—75 (СТ СЭВ 2515—80); б) по 2-му ряду — для сквозных отверстий 2-го и 3-го рядов ГОСТ 11284—75 (СТ СЭВ 2515—80). 2. Размеры  $H_2$  и  $H_4$  даны для винтов при применении их с нормальными и легкими пружинными шайбами по ГОСТ 6402—70\*. 3. В технически обоснованных случаях допускается увеличивать размеры  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ . 4. Поля допусков размеров:  $D$  — Н14;  $D_1$  — h14;  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  и  $H_4$  —  $\pm$ IT14.

Таблица 12.15. Поверхности опорные под заклепки по ГОСТ 12876—67\*

Номинальный диаметр стержня $d$ , мм	Заклепки с потайной головкой		Заклепки с полупотайной головкой		Номинальный диаметр стержня $d$ , мм	Заклепки с потайной головкой		Заклепки с полупотайной головкой	
	$D$ , мм	$\alpha$ , ...°	$D$ , мм	$\alpha$ , ...°		$D$ , мм	$\alpha$ , ...°	$D$ , мм	$\alpha$ , ...°
4	6,4	90	10,5	120	16	23	60	24	60
5	8,2	90	13	120	18	26	60	27	60
6	9,7	90	11	90	20	29	60	30	60
8	13,3	90	15	90	22	32	60	33	60
10	16,4	75	17	75	24	35	60	36	60
12	19,4	75	17	75	27	36	45	37	45
14	23	75	20	75	30	40	45	41	45

Примечания: 1. ГОСТ 12876—67\* предусматривает диаметр стержня от 1 до 42 мм. 2. Поле допуска размера  $D$  — Н14.

Таблица 12.16. Поверхности опорные под болты, гайки, шайбы по ГОСТ 12876—67\* мм

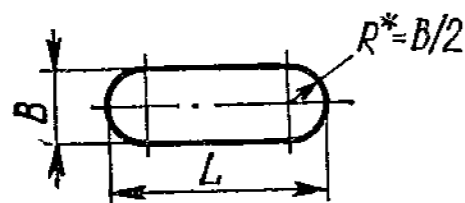
Номинальный диаметр резьбы или стержня $d$	Под болты с шестигранной головкой, под гайки шестигранные, под шайбы пружинные, стопорные с наружными зубьями, стопорные с внутренними зубьями		Под шайбы	
	$D$	$D_1$	$D$	$D_1$
1,6	5	8	5	8
2	5	8	6	8
2,5	7	10	8	10

Продолжение табл. 12.16

Номинальный диаметр резьбы или стержня $d$	Под болты с шестигранной головкой, под гайки шестигранные, под шайбы пружинные, стопорные наружными зубьями, стопорные с внутренними зубьями		Под шайбы	
	$D$	$D_1$	$D$	$D_1$
3	8	10	10	12
4	10	14	12	14
5	12	16	12	16
6	14	18	14	18
8	20	24	20	24
10	24	28	26	30
12	26	30	28	34
14	30	34	32	36
16	32	38	34	40
18	36	42	38	42
20	40	45	40	45
22	42	48	42	48
24	45	52	50	55
27	52	60	55	60
30	60	65	60	65
36	70	80	70	80
42	80	90	85	90
48	95	100	95	100

Примечания: 1. Размер  $h$  устанавливается конструктором. При глубине  $h$ , превышающей  $1/3$  высоты головки болта (гайки), размеры  $D$  следует брать по ГОСТ 13682—80. 2. Стандарт предусматривает также размеры опорных поверхностей под шайбы увеличенные и уменьшенные, болты и гайки с уменьшенной головкой. 3. Допускается размеры  $D$  под шестигранные головки болтов и под шестигранные гайки применять равными размеру  $D$  под шайбы (если это допустимо по условиям конструкции). 4. Поля допусков размеров:  $D$  — H14;  $D_1$  — h14.

Таблица 12.17. Отверстия сквозные продолговатые для болтов, винтов и шпилек по ГОСТ 16030—70\*  
мм



Диаметр стержня крепежной детали $d$	$B$	$L$	Диаметр стержня крепежной детали $d$	$B$	$L$
6	7	10—20	24	28	32—100
8	10	12—40	30	35	40—125
10	12	14—45	36	42	45—125
12	14	16—50	42	48	50—125
16	18	20—60	48	56	60—125
20	24	25—80			

Примечание. Размер  $L$  в указанных пределах брать из ряда, мм: 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 55; 60; 70; 80; 90; 100; 110; 125.

Таблица 12.18. Основные размеры шестигранных головок болтов, винтов, шурупов и шестигранных гаек по ГОСТ 24671—81 (СТ СЭВ 1015—78)  
мм

$d$	Размер $S$		$h$	$h_1$	$h_2$	
	нормальный	уменьшенный			не менее	не более
M1	3,2	—	—	1,0	—	—
M1,2	3,2	—	—	1,0	—	—
M1,4	3,2	—	—	1,0	—	—
M1,6	3,2	—	1,1	1,3	—	—
M2	4,0	—	1,4	1,6	—	—
M2,5	5,0	—	1,7	2,0	—	—
M3	5,5	—	2,0	2,4	0,15	0,4
M4	7,0	—	2,8	3,2	0,15	0,4
M5	8	—	3,5	4,0	0,15	0,5
M6	10	—	4,0	5,0	0,15	0,5
M7	11	—	5,0	5,5	0,15	0,5
M8	13	12	5,5	6,5	0,15	0,6
M10	17	14	7	8,0	0,15	0,6
M12	19	17	8	10	0,15	0,6
M14	22	19	9	11	0,15	0,6
M16	24	22	10	13	0,20	0,8
M18	27	24	12	15	0,20	0,8
M20	30	27	13	16	0,20	0,8
M22	32	30	14	18	0,20	0,8
M24	36	32	15	19	0,20	0,8
M27	41	36	17	22	0,20	0,8
M30	46	41	19	24	0,20	0,8
M33	50	46	21	26	0,20	0,8
M36	55	55	23	29	0,20	0,8
M39	60	55	25	31	0,25	0,8
M42	65	60	26	34	0,25	0,8
M45	70	65	28	36	0,25	0,8
M48	75	70	30	38	0,25	0,8
M52	80	—	33	42	—	—

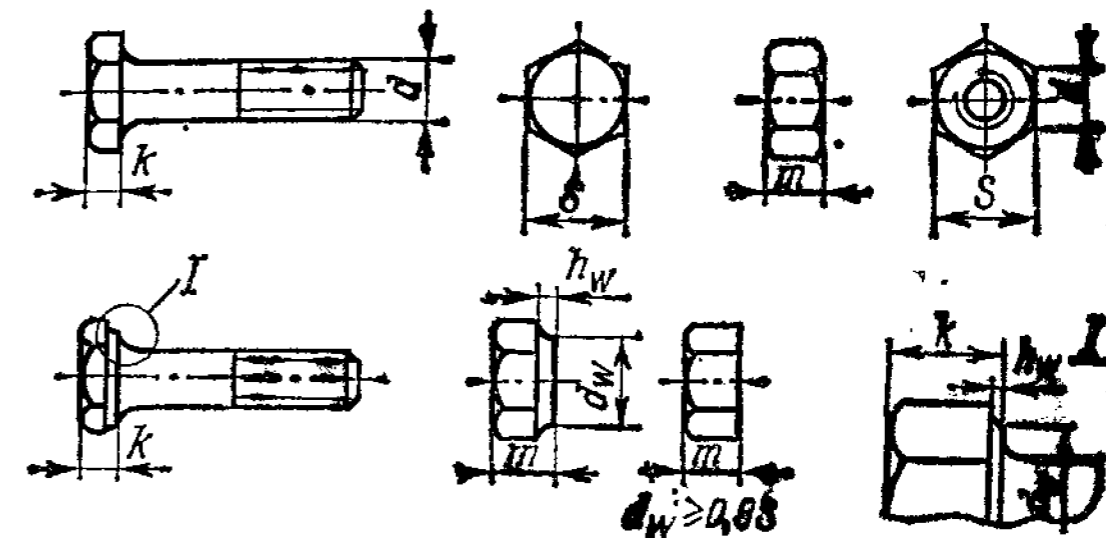
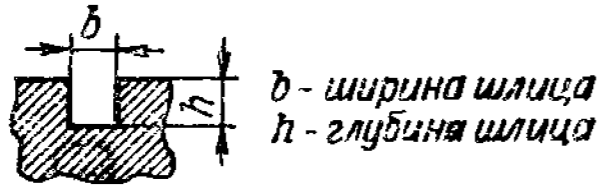




Таблица 12.19. Размеры прямых шлицев для винтов и шурупов по ГОСТ 24669—81 (СТ СЭВ 1016—78) мм



Номинальный диаметр резьбы $d$ винта, шурупа	Винты и шурупы с головкой								
	$b$			$h$ для головок					
				цилиндрической и цилиндрической со сферой		шестигранной		полупотайной	
	Номинальный размер	Не менее	Не более	Не менее	Не более	Не менее	Не более	Не менее	Не более
1,0	0,25	0,31	0,45	0,30	0,44	0,20	0,30	0,40	0,55
1,2	0,30	0,36	0,50	0,35	0,49	0,24	0,35	0,48	0,64
1,4	0,30	0,36	0,50	0,40	0,60	0,28	0,45	0,56	0,73
1,6	0,40	0,48	0,60	0,45	0,65	0,32	0,50	0,64	0,80
2,0	0,50	0,56	0,70	0,60	0,85	0,40	0,60	0,80	1,00
2,5	0,60	0,66	0,80	0,70	1,00	0,50	0,73	1,00	1,20
3,0	0,80	0,86	1,00	0,90	1,30	0,60	0,85	1,20	1,45
3,5	0,80	0,86	1,00	1,00	1,40	0,70	1,00	1,40	1,70
4,0	1,00	1,06	1,20	1,20	1,60	0,80	1,10	1,60	1,90
5,0	1,20	1,26	1,51	1,50	2,00	1,00	1,35	2,00	2,30
6,0	1,60	1,66	1,91	1,80	2,30	1,20	1,60	2,40	2,80
8,0	2,00	2,06	2,31	2,30	2,80	1,60	2,10	3,20	3,70
10,0	2,50	2,56	2,81	2,70	3,20	2,00	2,60	4,00	4,50
12,0	3,00	3,06	3,31	3,20	3,80	2,40	3,00	4,80	5,40
14,0	3,00	3,06	3,31	3,60	4,20	2,80	3,50	5,60	6,30
16,0	4,00	4,07	4,37	4,00	4,60	3,20	4,00	6,40	7,20
18,0	4,00	4,07	4,37	4,50	5,10	3,60	4,50	7,20	8,10
20,0	5,00	5,07	5,37	5,00	5,60	4,00	5,00	8,00	9,00

Номинальный диаметр резьбы $d$ винта, шурупа	Винты и шурупы с головкой				Установочные винты				
	$h$ для головок				$b$		$h$		
	цилиндрической скругленной		полукругло						
	Не менее	Не более	Не менее	Не более	Номинальный размер	Не менее	Не более	Не менее	Не более
1,0	—	—	0,25	0,55	0,20	0,26	0,40	0,63	0,78
1,2	—	—	0,25	0,55	0,25	0,31	0,45	0,63	0,78
1,4	—	—	0,35	0,65	0,25	0,31	0,45	0,75	0,94
1,6	0,38	0,62	0,45	0,75	0,25	0,31	0,45	0,88	1,06
2,0	0,48	0,72	0,75	1,05	0,25	0,31	0,45	1,00	1,20
2,5	0,60	0,90	0,90	1,30	0,40	0,46	0,60	1,10	1,33
3,0	0,72	1,08	1,00	1,40	0,40	0,46	0,60	1,25	1,50

Продолжение табл. 12.19

Номинальный диаметр резьбы $d$ винта, шурупа					Установочные винты				
	цилиндрической скругленной		полукругло		$b$		$h$		
	Не менее	Не более	Не менее	Не более	Номинальный размер	Не менее	Не более	Не менее	Не более
	3,5	0,84	1,26	1,30	1,70	0,50	0,57	0,80	1,50
4,0	0,96	1,44	1,60	2,00	0,60	0,66	0,87	1,75	2,05
5,0	1,20	1,80	2,10	2,50	0,80	0,86	1,00	2,00	2,35
6,0	1,44	2,16	2,30	2,70	1,00	1,06	1,20	2,50	2,90
8,0	1,92	2,88	3,26	3,74	1,20	1,26	1,51	3,10	3,60
10,0	2,40	3,60	3,76	4,24	1,60	1,66	1,91	3,75	4,25
12,0	—	—	3,96	4,44	2,00	2,07	2,37	3,75	4,25
14,0	—	—	4,26	4,74	2,00	2,07	2,37	3,75	4,25
16,0	—	—	5,24	4,76	2,50	2,57	2,87	4,25	4,75
18,0	—	—	5,74	5,26	3,00	3,07	3,37	4,75	5,25
20,0	—	—	5,76	6,24	3,00	3,07	3,37	5,25	5,75

Таблица 12.20. Рифления прямые и сетчатые [127] мм

Материал заготовки	Ширина накатываемой поверхности $B$	Диаметр накатываемой поверхности $D$					
		до 8	св. 8 до 16	св. 16 до 32	св. 32 до 63	св. 63 до 125	св. 125
		Шаг рифлений $P$					
<b>Прямые рифления</b>							
Все материалы	До 4		0,5	0,6	0,6	0,8	1,0
	Св. 4 до 8		0,6	0,6	0,6	0,8	1,0
	» 8 » 16	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	1,0
	» 16 » 32		0,6	0,8	1,0	1,0	1,2
	» 32		0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
<b>Сетчатые рифления</b>							
Цветные металлы и сплавы	До 8			0,6	0,6	0,8	—
	Св. 8 до 16			0,8	0,8	0,8	—
	» 16 » 32	0,5	0,6	0,8	1,0	1,0	—
	» 32			0,8	1,0	1,2	1,6

Материал заготовки	Ширина накатываемой поверхности <i>B</i>	Диаметр накатываемой поверхности <i>D</i>					
		до 8	св. 8 до 16	св. 16 до 32	св. 32 до 63	св. 63 до 125	св. 125
		Шаг рифлений <i>P</i>					
Сталь	До 8 Св. 8 до 16 » 16 » 32 » 32	0,5	0,6 0,8 0,8 0,8	0,8 1,0 1,0 1,0	0,8 1,0 1,2 1,2	0,8 1,0 1,2 1,6	— — — 2,0

Примечания. 1. Параметры рифлений: для стали  $h = (0,25 \div 0,7) P$  и  $\alpha = 70^\circ$ ; для цветных металлов и сплавов  $h = (0,25 \div 0,5) P$  и  $\alpha = 90^\circ$ . 2. Фаски выполняются по ГОСТ 10948—64 (СТ СЭВ 2814—80) — см. табл. 12.5.

Таблица 12.21. Длины присоединительных резьб штоков и плунжеров по ГОСТ 25020—81 мм

Размер резьбы	<i>L</i>		Размер резьбы	<i>L</i>	
	короткая	длинная		короткая	длинная
M3×0,35	6	9	M42×2	56	84
M4×0,5	8	12	M48×2	63	96
M5×0,5	10	15	M56×2	75	112
M6×0,75	12	16	M64×3	85	128
M8×1	12	20	M72×3	85	128
M10×1,25	14	22	M80×3	95	140
M12×1,25	16	24	M90×3	106	140
M14×1,5	18	28	M100×3	112	—
M16×1,5	22	32	M110×3	112	—
M18×1,5	25	36	M125×4	125	—
M20×1,5	28	40	M140×4	140	—
M22×1,5	30	44	M160×4	160	—
M24×2	32	48	M180×4	180	—
M27×2	36	54	M200×4	200	—
M30×2	40	60	M220×4	220	—
M33×2	45	66	M250×6	250	—
M36×2	50	72	M280×6	280	—

Примечания: 1. Для внутренней резьбы длина *L* является наименьшей, для наружной — наибольшей. 2. Если при установке или регулировке применяется контргайка, то следует использовать длинные резьбы.

### 12.6. Резьбы присоединительные штоков и плунжеров гидро- и пневмоцилиндров

Присоединительные резьбы штоков и плунжеров следует выбирать из ряда [133]: M3×0,35; M4×0,5; M5×0,5; M6×0,75; M8×1; M10×1,25; M12×1,25; M14×1,5; M16×1,5; M18×1,5; M20×1,5; M22×1,5; M24×2; M27×2; M30×2; M33×2; M36×2; M42×2; M48×2; M56×2; M64×3; M72×3; M80×3; M90×3; M100×3; M110×3; M125×4; M140×4; M160×4; M180×4; M200×4; M220×4; M250×6; M280×6. Длины присоединительных резьб штоков и плунжеров приведены в табл. 12.21.

Стандарт [133] не устанавливает внутренние резьбы, диаметр которых определяется внутренним диаметром полого штока и плунжера, а также присоединительные резьбы для трубопроводов, подводящих рабочие среды через шток.

### 12.7. Выход резьбы (сбеги, недорезы, проточки и фаски)

ГОСТ 10549—80 (СТ СЭВ 214—75) устанавливает: а) размеры сбега (при выходе инструмента или при наличии на инструменте заборной части); б) размеры недореза (при выполнении резьбы в упор); в) форму и размеры проточек для выхода резьбообразующего инструмента; г) размеры фасок.

Размеры сбегов, недорезов, а также форма и размеры проточек приведены в табл. 12.22 для наружной и в табл. 12.23 для внутренней метрической резьбы. Фаски для наружной метрической резьбы крепежных изделий — по ГОСТ 12414—66 (СТ СЭВ 215—75).

Размеры сбегов, недорезов, проточек и фасок для трубной цилиндрической резьбы приведены в табл. 12.24 и 12.25, размеры проточек и фасок для наружной и внутренней трапецеидальной одноходовой резьбы — в табл. 12.26.

При  $f \leq 2$  мм вместо проточек, указанных в табл. 12.24—12.26, допускается применять симметричные проточки (без фаски) с радиусом закругления с обеих сторон, равным *R*. Допускается применять фаски под углом между образующей и осью конуса менее 45°.

### 12.8. Стержни и отверстия под нарезание метрической резьбы

Диаметры стержней под нарезание метрической резьбы по ГОСТ 9150—81 с допусками по ГОСТ 16093—81, изготавливаемых из стали по ГОСТ 380—71, ГОСТ 4543—71, ГОСТ 1050—74, ГОСТ 10702—78, ГОСТ 5632—72, а также по ГОСТ 20072—74\* (кроме сплавов на никелевой основе) и меди по ГОСТ 858—78 (СТ СЭВ 226—75), стандартизованы для резьб с крупным шагом с номинальными диаметрами 1—68 мм и для резьб с мелким шагом с номинальными диаметрами 1—200 мм [125].

Размеры и предельные отклонения диаметров стержней для резьб с крупным шагом приведены в табл. 12.27, для резьб с мелким шагом — в табл. 12.28.

Для материалов повышенной вязкости в стандарте [125] приведена методика определения диаметров стержней.

Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы по ГОСТ 9150—81 с допусками по ГОСТ 16093—81, выполняемых в сером чугуна по ГОСТ 1412—79, в сталях по ГОСТ 380—71, ГОСТ 1050—74, ГОСТ 4543—71, ГОСТ 10702—78, ГОСТ 5632—72 (кроме сплавов на никелевой основе), в алюминиевых литейных сплавах по ГОСТ 2685—75, в меди по ГОСТ 859—78 (СТ СЭВ 226—75), стандартизованы.

Размеры и предельные отклонения диаметров отверстий для резьб с крупным шагом приведены в табл. 12.29, для резьб с мелким шагом — в табл. 12.30.

Таблица 12.22. Размеры сбегов, недорезов и проточек для наружной метрической резьбы по ГОСТ 10549—80 (СТ СЭВ 214—75) мм

Нарезание резьбы

Накатывание резьбы

Формы проточки

Шаг резьбы P	не более				более				Проточка				R ≈ 0,5P
	нормальный ≈ 2,5P	короткий ≈ 1,5P	нормальный ≈ 3P	короткий ≈ 2P	нормальный ≈ 4F	нормальный		узкая		нормальная	узкая	df	
						нормальный	узкая	нормальная	узкая				
0,2	0,5	0,25	0,6	0,4	—	0,45	0,25	0,7	0,5	0,7	0,5	0,3	0,1
0,25	0,6	0,3	0,75	0,5	—	0,55	0,25	0,9	0,6	0,9	0,6	0,4	0,12
0,3	0,75	0,4	0,9	0,6	—	0,6	0,3	1,05	0,75	1,05	0,75	0,5	0,15
0,35	0,9	0,45	1,05	0,7	—	0,7	0,4	1,2	0,9	1,2	0,9	0,6	0,17
0,4	1,0	0,5	1,2	0,8	—	0,8	0,5	1,4	1,0	1,4	1,0	0,7	0,2
0,45	1,1	0,6	1,35	0,9	—	1,0	0,5	1,6	1,1	1,6	1,1	0,7	0,22
0,5	1,25	0,7	1,5	1,0	—	1,1	0,5	1,75	1,25	1,75	1,25	0,8	0,25
0,6	1,5	0,75	1,8	1,2	—	1,2	0,6	2,1	1,5	2,1	1,5	1,0	0,3
0,7	1,75	0,9	2,1	1,4	—	1,5	0,8	2,45	1,76	2,45	1,76	1,1	0,35
0,75	1,9	1,0	2,25	1,5	—	1,6	0,9	2,6	1,9	2,6	1,9	1,2	0,4
0,8	2,0	1,0	2,4	1,6	—	1,7	0,9	2,8	2,0	2,8	2,0	1,3	0,4
1	2,5	1,25	3,0	2,0	3,2	2,1	1,1	3,5	2,5	3,5	2,5	1,6	0,5
1,25	3,2	1,6	4,0	2,5	4,0	2,7	1,5	4,4	3,2	4,4	3,2	2,0	0,6
1,5	3,8	1,9	4,5	3,0	5,0	3,2	1,8	5,2	3,8	5,2	3,8	2,3	0,75
1,75	4,3	2,2	5,3	3,5	6,0	3,9	2,1	6,1	4,3	6,1	4,3	2,6	0,9
2	5,0	2,5	6,0	4,0	8,0	4,5	2,5	7	5	7	5	3,0	1,0
2,5	6,3	3,2	7,5	5,0	10,0	5,6	3,2	8,7	6,3	8,7	6,3	3,6	1,25
3	7,5	3,8	9,0	6,0	12,0	6,7	3,7	10,5	7,5	10,5	7,5	4,4	1,5
3,5	9,0	4,5	10,5	7,0	14,0	7,7	4,7	12	9	12	9	5,0	1,75
4	10,0	5,0	12,0	8,0	16,0	9,0	5,5	14	10	14	10	5,7	2,0
4,5	11,0	5,5	13,5	9,0	18,0	10,5	5,5	16	11	16	11	6,4	2,25
5	12,5	6,3	15,0	10,0	20,0	11,5	6,5	17,5	12,5	17,5	12,5	7,0	2,5
5,5	14,0	7,0	16,5	11,0	22,0	12,5	7,5	19	14	19	14	7,7	2,75
6	15,0	7,5	18,0	12,0	24,0	14,0	8,0	21	15	21	15	8,3	3,0

Примечания: 1. Предельные отклонения диаметра  $d_f$  — по H12 для деталей — номинальным диаметром резьбы  $d \leq 3$  мм и по H13 для  $d > 3$  мм. 2. Наибольшие размеры сбегов и недорезов установлены для метрической резьбы крепежных изделий. Для других случаев метрических резьб эти размеры рекомендуется уменьшать на 30—40 %.

Таблица 12.23. Размеры сбегов, недорезов и проточек для внутренней метрической резьбы по ГОСТ 10549—80 (СТ СЭВ 214—75) мм

Сбег и недорез

Форма проточки

Шаг резьбы P	Сбег x, не более			Недорез a, не более			Проточка				R ≈ 0,5P	
	нормальный	короткий	длинный	нормальный	короткий	длинный	$f_1$ , не менее		$f_2$ , не более			df
							нормальная	короткая	нормальная	короткая		
0,2	0,5	0,3	0,8	1,6	1,0	2,0	0,8	0,5	1,2	0,9	d + 0,1	0,1
0,25	0,55	0,35	1,0	1,8	1,2	2,5	1,0	0,6	1,4	1	d + 0,1	0,12
0,3	0,6	0,4	1,2	2,0	1,2	2,8	1,2	0,75	1,6	1,25	d + 0,1	0,15
0,35	0,7	0,45	1,4	2,2	1,5	3,2	1,4	0,9	1,9	1,4	d + 0,2	0,17
0,4	0,8	0,6	1,6	2,5	1,5	3,5	1,6	1,0	2,2	1,6	d + 0,2	0,2
0,45	0,9	0,65	1,8	3,0	2,0	4,0	1,8	1,1	2,4	1,7	d + 0,2	0,22
0,5	1,0	0,8	2,0	3,0	2,0	5,0	2,0	1,25	2,7	2	d + 0,3	0,25
0,6	1,2	0,85	2,4	3,5	2,5	5,5	2,4	1,5	3,3	2,4	d + 0,3	0,3
0,7	1,4	1,0	2,8	3,5	2,5	6,0	2,8	1,75	3,8	2,75	d + 0,3	0,35
0,75	1,5	1,05	3,0	4,0	2,5	7,0	3,0	1,9	4	2,9	d + 0,3	0,4
0,8	1,6	1,2	3,2	4,0	2,5	8,0	3,2	2,0	4,2	3	d + 0,3	0,4
1	2,0	1,5	4,0	6,0	4,0	10,0	4,0	2,5	5,2	3,7	d + 0,5	0,5
1,25	2,5	1,8	5,0	8,0	4,0	12,0	5,0	3,2	6,7	4,9	d + 0,5	0,6
1,5	3,0	2,0	6,0	9,0	4,0	13,0	6,0	3,8	7,8	5,6	d + 0,5	0,75
1,75	3,5	2,5	7,0	11,0	5,0	16,0	7,0	4,3	9,1	6,4	d + 0,5	0,9
2	4,0	3,0	8,0	11,0	5,0	16,0	8,0	5,0	10,3	7,3	d + 0,5	1,0
2,5	5,0	3,5	10,0	12,0	6,0	18,0	10,0	6,3	13,0	9,3	d + 0,5	1,25
3	6,0	4,0	12,0	15,0	7,0	22,0	12,0	7,5	15,2	10,7	d + 0,5	1,5
3,5	7,0	5,0	14,0	17,0	8,0	25,0	14,0	9,0	17,0	12,7	d + 0,5	1,75
4	8,0	6,0	16,0	19,0	9,0	28,0	16,0	10,0	20,0	14,0	d + 0,5	2,0
4,5	9,0	6,5	18,0	23,0	11,0	33,0	18,0	11,0	23,0	16,0	d + 0,5	2,25
5	10,0	7,0	20,0	26,0	12,0	37,0	20,0	12,5	26,0	18,5	d + 0,5	2,5
5,5	11,0	8,0	22,0	28,0	13,0	40,0	22,0	14,0	28,0	20,0	d + 0,5	2,75
6	12,0	9,0	24,0	28,0	13,0	42,0	24,0	15,0	30,0	21,0	d + 0,5	3,0

Примечания: 1. Предельные отклонения диаметра  $d_f$  — по H13. 2. Наибольшие размеры сбегов и недорезов установлены для метрической резьбы крепежных изделий. Для других случаев метрических резьб эти размеры рекомендуется уменьшать на 30—40 %.

Т а б л и ц а 12.24. Размеры сбегов, недорезов, проточек и фасок для наружной трубной цилиндрической резьбы по ГОСТ 10549—80 (СТ СЭВ 214—75)

мм

Обозначение размера резьбы	Число шагов на длине 25,4 мм	Сбег $x$ , не более, при угле заборной части инструмента		Недорез $a$ , не более		Проточка						$d_f$	Фаска $z$
						нормальная			узкая				
		20°	30°	нормальный	уменьшенный	$l$	$R$	$R_1$	$l$	$R$	$R_1$		
$1/8$	28	1,6	1,0	2,5	1,6	2,5			1,6	0,5	0,3	8,0	1,0
$1/4$ $3/8$	19	2,4	1,5	4,0	2,5	4,0			2,5			11,0 14,5	1,6
$1/2$ $5/8$ $3/4$ $7/8$	14	3,2	2,0	5,0	3,0	5,0			3,0			18,0 20,0 23,5 27,0	2,0
1 $1 1/8$ $1 1/4$ $1 3/8$ $1 1/2$ $1 3/4$ 2 $2 1/4$ $2 1/2$ $2 3/4$ 3 $3 1/2$ 4 5 6	11	4,1	2,5	6,0	4,0	6,0			1,0	4,0	0,5	29,5 34,0 38,0 40,5 44,0 50,0 56,0 62,0 71,5 78,0 84,0 96,5 109,0 134,5 160,0	2,5

Т а б л и ц а 12.25. Размеры сбегов, недорезов, проточек и фасок для внутренней трубной цилиндрической резьбы по ГОСТ 10549—80 (СТ СЭВ 214—75)

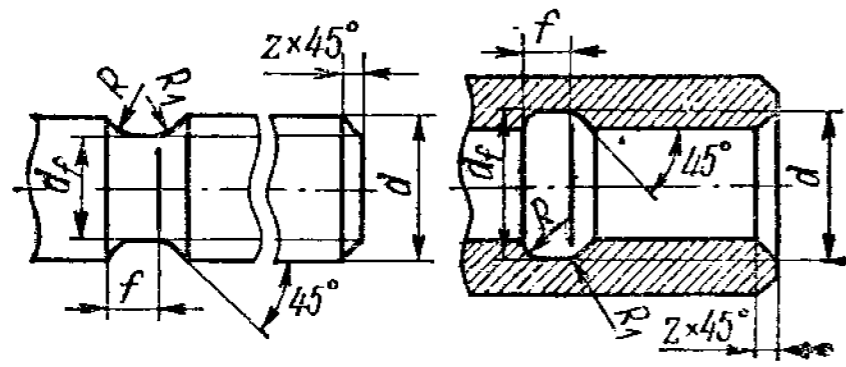
мм

Обозначение размера резьбы	Число шагов на длине 25,4 мм	Сбег $x$ , не более		Недорез $a$ , не более		Проточка						$d_f$	Фаска
						нормальная			узкая				
		нормальный	уменьшенный	нормальный	уменьшенный	$l$	$R$	$R_1$	$l$	$R$	$R_1$		
$1/8$	28	2,2	1,4	4	2,5	4	1,0		2,5			10,0	
$1/4$ $3/8$	19	3,3	2,0	5	3,0	5	1,6		3,0			13,5 17,0	1,0
$1/2$ $5/8$ $3/4$ $7/8$	14	4,8	3,0	8	5,0	8	2,0		5,0			21,5 23,5 27,0 31,0	
1 $1 1/8$ $1 1/4$ $1 3/8$ $1 1/2$ $1 3/4$ 2 $2 1/4$ $2 1/2$ $2 3/4$ 3 $3 1/2$ 4 5 6	11	6,0	4,0	10	6,0	10	3,0		6,0			34,0 39,0 43,0 45,0 48,5 54,5 60,5 66,5 76,0 82,5 89,0 101,0 114,0 139,0 165,0	1,6

Примечание. Ширина узких проточек может быть уменьшена до 1,5 шага.



Таблица 12.26. Размеры проточек и фасок для наружной и внутренней трапецидальной однозаходной резьбы по ГОСТ 10549-80 (СТ СЭВ 214-75) мм



Шаг резьбы	Размеры проточек и фасок					
	<i>l</i>	<i>R</i>	<i>R</i> <sub>1</sub>	Наружная резьба	Внутренняя резьба	Фаска
2 3	3 5	1,0 1,6	0,5	<i>d</i> - 3,0 <i>d</i> - 4,2	<i>d</i> + 1,0	1,6 2,0
4	6	1,6	1,0	<i>d</i> - 5,2	<i>d</i> + 1,1	2,5
5 6	8 10	2,0 3,0		<i>d</i> - 7,0 <i>d</i> - 8,0	<i>d</i> + 1,6	3,0 3,5
8 10	12 16	3,0		<i>d</i> - 10,2 <i>d</i> - 12,5	<i>d</i> + 1,8	4,5 5,5
12	18			<i>d</i> - 14,5	<i>d</i> + 2,1	6,5
16 20	25	5,0	2,0	<i>d</i> - 19,5 <i>d</i> - 24,0	<i>d</i> + 2,8 <i>d</i> + 3,0	9,0 11,0
24 32	30 40			<i>d</i> - 28,0 <i>d</i> - 36,5	<i>d</i> + 3,5	13,0 17,0
40 48	50 60			<i>d</i> - 44,5 <i>d</i> - 52,8	<i>d</i> + 4,0	21,0 25,0

Примечание. Для многозаходной трапецидальной резьбы ширина проточки принимается равной ширине проточки однозаходной резьбы, шаг которой равен ходу многозаходной резьбы. Размеры остальных элементов принимать по табл. 12.26

Таблица 12.27. Размеры и предельные отклонения диаметров стержней под резьбу с крупным шагом по ГОСТ 19258-73 мм

Номинальный диаметр резьбы <i>d</i>	Шаг резьбы <i>P</i>	Диаметр стержня под резьбу с полем допуска						
		4h; 8h *	6g; 8g *	6e	6d	4h	6h; 6g; 6e; 8d	7h; 8g
		Номинальное значение				Предельное отклонение		
2,5	0,45	2,45	2,43	—	—	-0,04	-0,06	—
3	0,5	2,94	2,92	2,89	—	-0,04	-0,06	—
3,5	0,6	3,44	3,49	3,39	—	-0,05	-0,07	—
4	0,7	3,94	3,92	3,89	—	-0,06	-0,08	—
4,5	0,75	4,44	4,42	4,38	—	-0,06	-0,09	—
5	0,8	4,94	4,92	4,88	—	-0,07	-0,10	-0,18
6	1,0	5,92	5,89	5,86	5,83	-0,07	-0,10	-0,20
8	1,25	7,90	7,87	7,84	7,80	-0,08	-0,11	-0,24
10	1,5	9,88	9,85	9,81	9,78	-0,09	-0,12	-0,26
12	1,75	11,86	11,83	11,80	10,76	-0,10	-0,13	-0,29
14 16	2	13,84 15,84	13,80 15,80	13,77 15,77	13,74 15,74	-0,10	-0,13	-0,29
18 20 22	2,5	17,84 19,84 21,84	17,80 19,80 21,80	17,76 19,76 21,76	17,73 19,73 21,73	-0,13	-0,18	-0,37
24 27	3	23,84 26,84	23,79 26,79	23,75 26,75	23,73 26,73	-0,16	-0,22	-0,44
30 33	3,5	29,84 32,84	29,79 32,79	29,75 32,75	29,72 32,72	-0,18	-0,27	-0,51
36 39	4	35,84 38,84	35,78 38,78	35,74 38,74	35,71 38,71	-0,22	-0,32	-0,59
42 45	4,5	41,84 44,84	41,78 44,78	41,74 44,74	41,71 44,71	-0,24	-0,34	-0,64
48 52	5	47,84 51,84	47,77 51,77	47,73 51,73	47,71 51,71	-0,25	-0,37	-0,69
56 60	5,5	55,84 59,84	55,76 59,76	55,73 59,73	55,70 59,70	-0,28	-0,40	-0,74
64 68	6	63,84 67,84	63,76 67,76	63,72 67,72	63,69 67,69	-0,30	-0,44	-0,79

\* Минимальный диаметр резьбы с полями допусков 8h и 8g составляет 5 мм.

Т а б л и ц а 12.28. Размеры и предельные отклонения диаметров стержней под резьбу с мелким шагом по ГОСТ 19258—73

мм

Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы $P$	Диаметр стержня под резьбу с полем допуска								
		4h; 6h; 8h *	6g; 8g *	6e	6d	4h	6h; 6g; 6e; 6d	8h; 8g		
		Номинальное значение				Предельное отклонение				
2,5 3 3,5	0,35	2,45	2,43	—	—	—	—	—		
		2,95	2,93	—	—	—	—	—		
		3,45	3,43	—	—	—	—	—		
4 4,5 5	0,5	3,94	3,92	3,89	—	—0,04	—0,06	—		
		4,44	4,42	4,39						
		4,94	4,92	4,89						
6	0,5	5,94	5,92	5,89	—	—0,04	—0,06	—		
	0,75			5,88					—0,06	—0,09
8	0,5	7,94	7,92	7,89	—	—0,04	—0,06	—		
	0,75	7,94	7,92	7,88	—	—0,06	—0,09	—		
	1	7,92	7,89	7,86	7,83	—0,07	—0,10	—0,20		
10	0,5	9,94	9,92	9,89	—	—0,04	—0,06	—		
	0,75			9,88					—0,06	—0,09
	1			9,92					9,89	9,86
10	1,25	9,90	9,87	9,84	9,80	—0,08	—0,11	—0,24		
	12	0,5	11,94	11,92	11,89	—	—0,04	—0,06	—	
		0,75			11,88					—0,06
1		11,92			11,89					11,86
12	1,25	11,90	11,87	11,84	11,80	—0,08	—0,11	—0,24		
	1,5	11,88	11,85	11,81	11,78	—0,09	—0,12	—0,26		
	14	0,5	13,94	13,92	13,89	—	—0,04	—0,06	—	
0,75		13,88			—0,06					—0,09
1		13,92			13,89					13,86
14	1,25	13,90	13,87	13,84	13,80	—0,08	—0,11	—0,24		
	1,5	13,88	13,85	13,81	13,78	—0,09	—0,12	—0,26		
	16	0,5	15,94	15,92	15,89	—	—0,04	—0,06	—	
0,75		15,88			—0,06					—0,09
1		15,92			15,89					15,86
16	1,5	15,88	15,85	15,81	15,78	—0,09	—0,12	—0,26		
	18	0,5	17,94	17,92	17,89	—	—0,04	—0,06	—	
		0,75			17,88					—0,06
1		17,92			17,89					17,86
18	1,5	17,88	17,85	17,81	17,78	—0,09	—0,12	—0,26		
	2	17,84	17,80	17,77	17,74	—0,10	—0,13	—0,29		

Продолжение табл. 12.28

Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы $P$	Диаметр стержня под резьбу с полем допуска										
		4h; 6h; 8h *	6g; 8g *	6c	6d	4h	6h; 6g; 6e; 6d	8h; 8g				
		Номинальное значение				Предельное отклонение						
20	0,5	19,94	19,92	19,89	—	—0,04	—0,06	—				
	0,75	19,88	19,85	19,81					19,78	—0,09	—0,12	—0,26
	1	19,92	19,89	19,86					19,83	—0,07	—0,10	—0,20
20	1,5	19,88	19,85	19,81	19,78	—0,09	—0,12	—0,26				
	2	19,84	19,85	19,77	19,74	—0,10	—0,13	—0,29				
	22	0,5	21,94	21,92	21,89	—	—0,04	—0,06	—			
0,75		21,88	21,85	21,81	21,78					—0,09	—0,12	—0,26
1		21,92	21,89	21,86	21,83					—0,07	—0,10	—0,20
22	1,5	21,88	21,85	21,81	21,78	—0,09	—0,12	—0,26				
	2	21,84	21,80	21,77	21,74	—0,10	—0,13	—0,29				
	24	0,75	23,94	23,92	23,88	—	—0,06	—0,09	—			
1		23,92	23,89	23,86	23,83					—0,07	—0,10	—0,20
1,5		23,88	23,85	23,81	23,78					—0,09	—0,12	—0,26
24	2	23,84	23,80	23,77	23,74	—0,10	—0,13	—0,29				
	27	0,75	26,94	26,92	26,88	—	—0,06	—0,09	—			
		1	26,92	26,89	26,86					26,83	—0,07	—0,10
1,5		26,88	26,85	26,81	26,78					—0,09	—0,12	—0,26
27	2	26,84	26,80	26,77	26,74	—0,10	—0,13	—0,29				
	30	0,75	29,94	29,92	29,88	—	—0,06	—0,09	—			
		1	29,92	29,89	29,86					29,83	—0,07	—0,10
1,5		29,88	29,85	29,81	29,78					—0,09	—0,12	—0,26
30	2	29,84	29,80	29,77	29,74	—0,10	—0,13	—0,29				
	3	29,84	29,79	29,75	29,73	—0,16	—0,22	—0,44				
	33	0,75	32,94	32,92	32,88	—	—0,06	—0,09	—			
1		32,92	32,89	32,86	32,83					—0,07	—0,10	—0,20
1,5		32,88	32,85	32,81	32,78					—0,09	—0,12	—0,26
33	2	32,84	32,80	32,77	32,74	—0,10	—0,13	—0,29				
	3	32,84	32,79	32,75	32,73	—0,16	—0,22	—0,44				
	36	1	35,92	35,89	35,86	35,83	—0,07	—0,10	—0,20			
1,5		35,88	35,85	35,81	35,78	—0,09	—0,12	—0,26				
2		35,84	35,80	35,77	35,74	—0,10	—0,13	—0,29				
36	3	35,84	35,79	35,75	35,73	—0,16	—0,22	—0,44				
	39	1	38,92	38,89	38,86	38,83	—0,07	—0,10	—0,20			
		1,5	38,88	38,85	38,81	38,78	—0,09	—0,12	—0,26			
2		38,84	38,80	38,77	38,74	—0,10	—0,13	—0,29				
39	3	38,84	38,79	38,75	38,73	—0,16	—0,22	—0,44				

Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы $P$	Диаметр стержня под резьбу с полем допуска						
		4h; 6h; 8h *	6g; 3g *	e	od		5h; 6g; 5e; 6d	8h; 8g
		Номинальное значение				Предельное отклонение		
42	1	41,92	41,89	41,86	41,83	-0,07	-0,10	-0,20
	1,5	41,88	41,81	41,85	41,78	-0,09	-0,12	-0,26
	2		41,80	41,77	41,74	-0,10	-0,13	-0,29
	3	41,84	41,79	41,75	41,73	-0,16	-0,22	-0,44
	4		41,78	41,74	41,71	-0,22	-0,32	-0,59
45	1	44,92	44,89	44,86	44,83	-0,07	-0,10	-0,20
	1,5	44,88	44,85	44,81	44,78	-0,09	-0,12	-0,26
	2		44,80	44,77	44,74	-0,10	-0,13	-0,29
	3	44,84	44,79	44,75	44,73	-0,16	-0,22	-0,44
	4		44,78	44,74	44,71	-0,22	-0,32	-0,59
48	1	47,92	47,89	47,86	47,83	-0,07	-0,10	-0,20
	1,5	47,88	47,85	47,81	47,78	-0,09	-0,12	-0,26
	2		47,80	47,77	47,74	-0,10	-0,13	-0,29
	3	47,84	47,79	47,75	47,73	-0,16	-0,22	-0,44
	4		47,78	47,74	47,71	-0,22	-0,32	-0,59
52	1	51,92	51,89	51,86	51,83	-0,07	-0,10	-0,20
	1,5	51,88	51,85	51,81	51,78	-0,09	-0,12	-0,26
	2	51,84	51,80	51,77	51,74	-0,10	-0,13	-0,29
	3		51,79	51,75	51,73	-0,16	-0,22	-0,44
	4	51,84	51,78	51,74	51,71	-0,22	-0,32	-0,59
56	1	55,92	55,89	55,86	55,83	-0,07	-0,10	-0,20
	1,5	55,88	55,85	55,81	55,78	-0,09	-0,12	-0,26
	2		55,80	55,77	55,74	-0,10	-0,13	-0,29
	3	55,84	55,79	55,75	55,73	-0,16	-0,22	-0,44
	4		55,78	55,74	55,71	-0,22	-0,32	-0,59
60	1	59,92	59,89	59,86	59,83	-0,07	-0,10	-0,20
	1,5	59,88	59,85	59,81	59,78	-0,09	-0,12	-0,26
	2		59,80	59,77	59,74	-0,10	-0,13	-0,29
	3	59,84	59,79	59,75	59,73	-0,16	-0,22	-0,44
	4		59,78	59,74	59,71	-0,22	-0,32	-0,59

\* Минимальный диаметр резьбы с полями допусков 8h и 8g составляет 8 мм. минимальный шаг такой резьбы — 1 мм.

Таблица 12.29. Размеры и предельные отклонения диаметров отверстий под резьбу с крупным шагом мм

Диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы $P$	Диаметр отверстия под резьбу с полем допуска				
		4H5H; 5H; 5H6H; 6H; 7H	6G; 7G	4H5H; 5H	5H6H; 6H; 6G	7H; 7G
		Номинальное значение			Предельное отклонение	
2,5	0,45	2,05	2,07	+0,07	+0,09	—
3	0,5	2,50	2,52	+0,08	+0,10	+0,14
3,5	0,6	2,90	2,93	+0,08	+0,11	+0,15
4	0,7	3,30	3,33	+0,08	+0,12	+0,16
4,5	0,75	3,70	3,73	+0,11	+0,17	+0,22
5	0,8	4,20	4,23	+0,09	+0,19	+0,18
6	1	4,95	5,0	+0,17	+0,20	+0,26
8	1,25	6,70	6,75	+0,17	+0,20	+0,26
10	1,5	8,43	8,50	+0,19	+0,22	+0,30
12	1,75	10,20	10,25	+0,21	+0,27	+0,36
14	2	11,90	11,95	+0,24	+0,30	+0,40
16		13,90	13,95			
18	2,5	15,35	15,40	+0,30	+0,40	+0,53
20		17,35	17,40			
22		19,35	19,40			
24	3	20,85	20,90	+0,30	+0,40	+0,53
27		23,85	23,90			
30	3,5	26,30	26,35	+0,36	+0,48	+0,62
33		29,30	29,35			
36		31,80	31,85			
39	4	34,80	34,85	+0,36	+0,48	+0,62
42	4,5	37,25	37,30	+0,41	+0,55	+0,73
45		40,25	40,30	+0,41	+0,55	+0,73
48	5	42,70	42,80			
52		46,70	46,80			
56	5,5	50,20	50,30	+0,45	+0,60	+0,80
60		54,20	54,30			
64	6	57,70	57,80			
68		61,70	61,80			

Примечание. Стандарт предусматривает также отверстия под резьбу с  $d = 1,6 \div 2$  мм.

Т а б л и ц а 12.30. Размеры и предельные отклонения диаметров отверстий под резьбу с мелким шагом  
мм

Диаметр резьбы <i>d</i>	Шаг резьбы <i>P</i>	Диаметр отверстия под резьбу с полем допуска				
		4H5H; 5H; 5H6H; 6H; 7H	6G; 7G	4H5H; 5H	5H6H; 6H; 6G	7H; 7G
		Номинальное значение		Предельное отклонение		
2,5 3 3,5	0,35	2,15	2,17	+0,05	+0,07	—
		2,65	2,67			
		3,15	3,17			
4 4,5 5	0,5	3,50	3,52	+0,08	+0,10	+0,14
		4,00	4,02			
		4,50	4,52			
6	0,5	5,50	5,52	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	5,20	5,23	+0,11	+0,17	+0,22
8	0,5	7,50	7,52	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	7,20	7,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	6,95	7,00	+0,17	+0,20	+0,26
10	0,5	9,50	9,53	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	9,20	9,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	8,95	9,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,25	8,70	8,75	+0,17	+0,20	+0,26
12	0,5	11,50	11,52	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	11,20	11,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	10,99	11,00	+0,17	+0,17	+0,26
	1,25	10,70	10,75	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	10,43	10,50	+0,19	+0,22	+0,30
14	0,5	13,50	13,52	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	13,20	13,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	12,95	13,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,25	12,70	12,75	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	12,43	12,50	+0,19	+0,22	+0,30
16	0,5	15,50	15,52	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	15,20	15,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	14,95	15,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	14,43	14,50	+0,19	+0,22	+0,30
18	0,5	17,50	17,52	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	17,20	17,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	16,95	17,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	16,43	16,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	15,90	15,95	+0,24	+0,30	+0,40
20	0,5	19,50	19,52	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	19,20	19,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	18,95	19,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	18,43	18,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	17,90	17,95	+0,24	+0,30	+0,40

Продолжение табл. 12.30

Диаметр резьбы <i>d</i>	Шаг резьбы <i>P</i>	Диаметр отверстия под резьбу с полем допуска				
		4H5H; 5H; 5H6H; 6H; 7H	6G; 7G	4H5H; 5H	5H6H; 6H; 6G	7H; 7G
		Номинальное значение		Предельное отклонение		
22	0,5	21,50	21,52	+0,08	+0,10	+0,14
	0,75	21,20	21,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	20,95	21,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	20,43	20,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	19,90	19,95	+0,24	+0,30	+0,40
24	0,75	23,20	23,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	22,95	23,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	22,43	22,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	21,90	21,95	+0,24	+0,30	+0,40
27	0,75	26,20	26,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	25,95	26,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	25,43	25,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	24,90	24,95	+0,24	+0,30	+0,40
30	0,75	29,20	29,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	28,95	29,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	28,43	28,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	27,90	27,95	+0,24	+0,30	+0,40
33	3	20,85	26,90	+0,30	+0,40	+0,53
	0,75	32,20	32,23	+0,11	+0,17	+0,22
	1	31,95	32,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	31,43	31,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	30,90	30,95	+0,24	+0,30	+0,40
36	3	29,85	29,90	+0,30	+0,40	+0,53
	1	34,95	35,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	34,43	34,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	33,90	33,95	+0,24	+0,30	+0,40
39	3	32,85	32,90	+0,30	+0,40	+0,53
	1	37,95	38,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	37,43	37,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	36,90	36,95	+0,24	+0,30	+0,40
42	3	35,85	35,90	+0,30	+0,40	+0,53
	1	40,95	41,00	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	40,43	40,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	39,90	39,95	+0,24	+0,30	+0,40
	3	38,85	38,90	+0,30	+0,40	+0,53
45	4	37,80	37,85	+0,36	+0,48	+0,62
	1	43,95	44,90	+0,17	+0,20	+0,26
	1,5	43,43	43,50	+0,19	+0,22	+0,30
	2	42,90	42,95	+0,24	+0,30	+0,40
45	3	41,85	41,90	+0,30	+0,40	+0,53
	4	40,80	40,85	+0,36	+0,48	+0,62



## Глава 13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАТЕРИАЛАХ

### Принятые обозначения

$E$  — модуль упругости при растяжении, МПа;  
 $F$  — площадь поперечного сечения,  $m^2$  ( $cm^2$ );  
 $G$  — масса участка длиной 1 м, кг;  
 HB — твердость (число твердости) по Бринеллю, МПа;  
 HRA — твердость (число твердости) по Роквеллу, шкала А;  
 HRB — то же, шкала В;  
 HRC<sub>30</sub> — то же, шкала С<sub>30</sub>;  
 HV — твердость по Виккерсу;  
 $I$  — момент инерции сечения,  $m^4$  ( $cm^4$ );  
 $i, r$  — радиус инерции сечения, м (см);  
 KCU, KCV, — ударная вязкость (удельная) при U-, V- и T-образном надреза образца соответственно, Дж/м<sup>2</sup>;  
 $l$  — длина образца, м (см);  
 $S$  — статический момент площади поперечного сечения,  $m^3$  ( $cm^3$ );  
 $W$  — момент сопротивления сечения,  $m^3$  ( $cm^3$ );

$\delta$  — относительное удлинение образца при разрыве, %;  
 $\delta_5, \delta_{10}$  — относительное удлинение на образцах с пяти- или десятикратным отношением длины к диаметру, %;  
 $\tau_{cp}$  — предел прочности при срезе, МПа;  
 $\sigma_B$  — временное сопротивление (предел прочности при растяжении), МПа;  
 $\sigma_{0,2}$  — предел прочности при сжатии, МПа;  
 $\sigma_H$  — предел прочности при изгибе, МПа;  
 $\sigma_T$  — предел текучести при растяжении, МПа;  
 $\sigma_{0,2}$  — условный предел текучести (напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,2% от длины образца), МПа;  
 $\psi$  — относительное сужение площади поперечного сечения образца при разрыве, %.

### 13.1. Условные обозначения и физические свойства материалов

Условные обозначения основных элементов, входящих в состав металлов и сплавов, приведены в табл. 13.1.

Средние значения плотности некоторых твердых материалов, широко применяющихся в машиностроении, приведены в табл. 13.2.

В табл. 13.3 приведены удельная теплоемкость и удельная теплопроводность некоторых материалов в единицах, применявшихся в СССР до 1 января 1980 г., в единицах СИ (см. гл. 1).

Средние температурные коэффициенты линейного расширения сталей (углеродистых, легированных и др.) приведены в табл. 13.4, цветных металлов и сплавов — в табл. 13.5, пластмасс и каучуков — в табл. 13.6.

Таблица 13.1. Условные обозначения основных элементов, входящих в состав металлов и сплавов

Элемент	Обозначение в таблицах химического состава	Принятое обозначение в марках металлов и сплавов		Элемент	Обозначение в таблицах химического состава	Принятое обозначение в марках металлов и сплавов	
		черных	цветных			черных	цветных
Алюминий	Al	Ю	А	Ниобий	Nb	Б	—
Азот	N	А	—	Олово	Sn	—	О
Барий	Ba	—	—	Свинец	Pb	—	С
Бериллий	Be	—	Б	Селен	Se	Е	—
Бор	B	Р	—	Сера	S	—	—
Ванадий	V	Ф	—	Серебро	Ag	—	Ср
Вольфрам	W	В	—	Сурьма	Sb	—	С
Железо	Fe	—	Ж	Теллур	Te	—	—
Кадмий	Cd	—	—	Титан	Ti	Т	Т
Кремний	Si	С	К	Углерод	C	У	—
Магний	Mg	—	Мг	Фосфор	P	П	Ф
Марганец	Mn	Г	Мц	Хром	Cr	Х	—
Медь	Cu	Д	М	Церий	Ce	—	—
Молибден	Mo	М	—	Цинк	Zn	—	Ц
Мышьяк	As	—	Мш	Цирконий	Zr	Ц	—
Никель	Ni	Н	Н				

Таблица 13.2. Плотность некоторых материалов (средние значения)

Материал	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Материал	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Алюминий кованный	2,75	Медь красная литая	8,3—8,9
» литой	2,55—2,6	» красная ковкая	8,9—9,0
Алюминиевые литейные сплавы	2,5—2,94	» красная прокатная	8,9—9,0
Асбест листовой (картон)	1,2	Медь красная в проволоке	8,93—8,95
Баббит Б83	7,46	Медь электротехническая	8,9—8,95
» БН, БТ, Б16	9,73	Молибден	10,3
» Б6	10,04	Подшипниковые сплавы на основе алюминия	2,8—2,86
Бронза алюминиевая	7,7—8,2	То же на основе магния	1,8
» бериллиевая	8,23	То же на основе цинка	6,1—6,3
» марганцовистая	7,63	Сталь углеродистая и легированная	7,65—7,85
Бронза оловянная	8,7—8,9	Твердые сплавы вольфрам-кобальтовые	13,9—15,4
» оловянно-свинцовая	9,2	Твердые сплавы титано-вольфрамовые	6,5—13,6
Бронза оловянно-цинковая	8,8	Чугун серый	6,8—7,4
Бронза свинцовая	9,4	» белый	7,4—7,7
Вольфрам	19,3	» ковкий	7,2—7,4
Дюралюминий	2,6—2,9	» высоколегированный	5,5—7,5
Латунь литая	8,3—8,6		
» тянутая	8,43—8,73		
Магниевые сплавы	1,76—1,83		
Медь чистая	8,93		

Т а б л и ц а 13.3. Удельные теплоемкость и теплопроводность некоторых материалов

Материал	Удельная теплоемкость		Удельная теплопроводность		
	Дж/(кг·К)	ккал/(г·°С)	Вт/(м·К)	ккал/(с·см·°С)	ккал/(ч·м·°С)
Алюминий	880	0,21	210	0,51	190
Вода	4186,8	1,00	0,63	$1,5 \cdot 10^{-3}$	0,54
Вольфрам	150	0,036	76	0,18	65
Латунь	380,4	0,092	110	0,26	94
Медь	380	0,091	387	0,92	330
Ртуть	130	0,033	6,7	$1,6 \cdot 10^{-2}$	5,8
Сталь	462	0,118	46	0,11	40
Стекло	630	0,15	0,84	$2 \cdot 10^{-3}$	0,7

Т а б л и ц а 13.4. Средние температурные коэффициенты линейного расширения сталей при температуре от 20 до 100 °С [6]

Марка стали	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	Марка стали	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	Марка стали	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$
<i>Углеродистые стали</i>					
		15ХФ; 20ХФ	12,0	33ХН3МА	10,8
		25ХФ	11,9	1Х14Н14В2М	16,6
Ст08кп	11,66	15М	12,0	(ЭИ257)	
15	12,18	20М	11,2	10Х2Ф	12,2
20	11,16	15ХМ	11,9	40ХФА	11,0
25	12,18	20ХМ; 20ХМА	12,1	10Х2ФВ	10,5
30	11,09	30ХМ; 30ХМА	12,3	12ХМФ	13,6
40	11,21	35ХМ; 35ХМА	12,3	25Х2МФА	11,3
45	11,59	15ХС	11,9		
50	12,0	38ХС; 40ХС	11,7	<i>Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали</i>	
		Х9С2	11,3		
		Х6М	12,6		
<i>Легированные стали</i>					
		Х12М	11,2	Х18Н25С2	14,2
		30ХН3; 30ХН3А	11,4	Х18Н9 (ЭЯ1)	17,3
15Х; 20Х	11,3	Х18Н11Б	16,7	1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	16,6
30Х	12,2	Х18Н9М	17,3	2Х18Н9 (ЭЯ2)	17,5

Т а б л и ц а 13.5. Средние температурные коэффициенты линейного расширения цветных металлов и сплавов при 20 °С [6]

Марка материала	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	Марка материала	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$
<i>Алюминиевые сплавы</i>			
Д1; Д16; Д18	12,9	АЛ10	20,5
Авиаль АВ	23,5	А; АМц	24,0
Магналий АМГ5	23,9	АМц	23,4
АЛ1	22,3	АМц5	23,9
АЛ2; АЛ4; АЛ6; АЛ13	20,0	АК-4; АК-8	22,0
АЛ3; АЛ12	22,0		
АЛ5	21,0	<i>Бронзы</i>	
АЛ7	22,7	БрОФ4-0,25	17,6
АЛ8	24,5	БрОФ6,5-0,4	17,1
АЛ9	21,5	БрОФ7-02	17,1
		БрОФ10-1	17,0

Продолжение табл. 13.5

Марка материала	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$	Марка материала	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$
БрОЦ4-3	18,0	ЛК80-3	17
БрОЦ8-4	16,6	ЛКС80-3-3	17
БрОЦ10-2	18,3	ЛС59-1	19
БрОЦС6-6-3	17,1	ЛС64-2	18
БрОС1-22	18,4	ЛС74-3	17,5
БрОС5-25	17,6	ЛЖМц52-4-1	22,7
БрОС7-17	17,3	ЛО62-1	19,3
БрОС8-12	17,1	ЛО70-1	19,7
БрАЖН10-4-4	17,1	ЛО90-1	18,4
БрАЖН11-6-6	14,9		
БрАМц9-2	17,0	<i>Сплавы магния и никеля</i>	
<i>Латуни</i>			
Л62	20	МА1—МА3	26
Л68; Л70	19	МЛ2—МЛ6	26,4
Л80	18,8	ТБ	15,3
Л85	18,7	ТП	12,0
Л90; Л96	17	Константан	14,4
ЛА85-0,5	18,6	Алюмель	13,7
ЛАН59-3-2	19	Хромель	12,8
		Копель	14

Т а б л и ц а 13.6. Средние температурные коэффициенты линейного расширения пластмасс и каучуков [6]

Материал	t, °С	$\alpha \cdot 10^6, \text{K}^{-1}$
Амниопласты	20	25—53
Асбовинил	20	33—40
Асботекстолит	20	25—28
Винипласт	20	40
Волокнит	20	50
Воск	0—100	240
Гетинакс	20	20
Капрон	—	100
Каучук	20	66
Оргстекло авиационное	—	36
» светотехническое	—	34,3
Парафин	20	130
Поликапролактан	—	6—15
Полистирол	20	70
Полиэтилен	20	230
Резина обыкновенная	20	220
» твердая	20—60	80
Стеклотекстолит	20—100	0,8
Текстолит	20	33—40
Тефлон (фторопласт-3)	20	6—220
Целлюлоид	20	130
Эбонит	25—35	84,2
Эпоксидные смолы (твердые)	—	115
Этролы целлюлозные	—	7—160

### 13.2. Определение и обозначение твердости металлов и сплавов

**Метод Роквелла.** Метод измерения твердости металлов и сплавов по Роквеллу регламентирует ГОСТ 9013—59\* (СТ СЭВ 469—77).

Сущность метода заключается во вдавливании наконечника с алмазным конусом (шкалы А и С<sub>3</sub>) или со стальным шариком (шкала В) в испытуемый образец (изделие) под действием последовательно прилагаемых предварительной и основной нагрузок и в измерении остаточного увеличения  $e$  глубины проникновения этого наконечника после снятия основной нагрузки (табл. 13.7). Угол у вершины конуса алмазного наконечника составляет 120°, диаметр стального шарика — 1,588 мм.

Таблица 13.7. Нагрузки в методе Роквелла

Шкала	Нагрузка					
	Предварительная $F_0 (P_0)$		Основная $F_1 (P_1)$		Общая $F (P)$	
	Н	кгс	Н	кгс	Н	кгс
С <sub>3</sub>	98	10	1373	140	1471	150
А	98	10	490	50	588	60
В	98	10	883	90	981	100

Принятые изменения в обозначении параметров:

Параметр	Предварительная нагрузка	Основная нагрузка
Обозначение по СТ СЭВ 469—77	$F_0$	$F_1$
Обозначение по ГОСТ 9013—59*	$P_0$	$P$

Твердость по Роквеллу — твердость, определяемая разностью между условной максимальной глубиной проникновения индентора и остаточной глубиной его внедрения  $e$  под действием основной нагрузки  $F_1 (P_1)$  после снятия этой нагрузки, по сохранении предварительной нагрузки  $F_0 (P_0)$ .

Пределы измерения твердости по шкалам А, В и С<sub>3</sub> устанавливаются следующие: шкала А — 70—85 ед. (твердые сплавы, изделия с высокой поверхностной твердостью); шкала С<sub>3</sub> — 20—67 ед. (окончательно термообработанная сталь); В — 25—100 ед. (мягкие металлы и сплавы).

Твердость по Роквеллу обозначается цифрами, характеризующими число твердости, и буквами HR с указанием шкалы твердости.

**Пример:** 60 HRC<sub>3</sub>, где 60 — число твердости; HR — твердость по Роквеллу, С<sub>3</sub> — шкала твердости.

На практике применяют приборы Роквелла с ручным (РВ) и электрическим (ТК-2) приводом.

С целью обеспечения единства измерений в стране с 01.07.1980 г. введен государственный специальный эталон и единая шкала твердости С<sub>3</sub> по Роквеллу (ГОСТ 8.064—79). Все образцовые и рабочие средства настроены и поверяются по шкале С<sub>3</sub>. Твердость, измеренную по шкале С<sub>3</sub>, воспроизводимой этим эталоном, обозначают HRC<sub>3</sub>, в отличие от обозначения HRC, ранее применявшегося в промышленности СССР.

При использовании нормативно-технической, справочной и другой технической литературы, изданной за рубежом, в том числе и переведенной в СССР, приведенные там числа твердости HRC приравнивают к установленным в нашей стране числам твердости HRC<sub>3</sub>.

При разработке и издании нормативно-технической, справочной и другой технической литературы требования к твердости материалов и изделий должны регламентироваться только по шкале С<sub>3</sub> Роквелла, воспроизводимой государственным спе-

Таблица 13.8. Перевод чисел твердости HRC шкалы С Роквелла, ранее применявшейся в промышленности СССР, в числа твердости HRC<sub>3</sub> шкалы С<sub>3</sub> Роквелла, воспроизводимой государственным специальным эталоном

HRC	HRC <sub>3</sub>	HRC	HRC <sub>3</sub>	HRC	HRC <sub>3</sub>	HRC	HRC <sub>3</sub>
17,8	20,0	30,2	32,0	42,5	44,0	54,9	56,0
18,3	20,5	30,7	32,5	43,0	44,5	55,4	56,5
18,8	21,0	31,2	33,0	43,5	45,0	55,9	57,0
19,3	21,5	31,7	33,5	44,1	45,5	56,4	57,5
19,9	22,0	32,2	34,0	44,6	46,0	56,9	58,0
20,4	22,5	32,7	34,5	45,1	46,5	57,4	58,5
20,9	23,0	33,2	35,0	45,6	47,0	58,0	59,0
21,4	23,5	33,8	35,5	46,1	47,5	58,5	59,5
21,9	24,0	34,3	36,0	46,6	48,0	59,0	60,0
22,4	24,5	34,8	36,5	47,1	48,5	59,5	60,5
23,0	25,0	35,3	37,0	47,7	49,0	60,0	61,0
23,5	25,5	35,8	37,5	48,2	49,5	60,5	61,5
24,0	26,0	36,3	38,0	48,7	50,0	61,0	62,0
24,5	26,5	36,8	38,5	49,2	50,5	61,6	62,5
25,0	27,0	37,4	39,0	49,7	51,0	62,1	63,0
25,5	27,5	37,9	39,5	50,2	51,5	62,6	63,5
26,0	28,0	38,4	40,0	50,7	52,0	63,1	64,0
26,6	28,5	38,9	40,5	51,3	52,5	63,6	64,5
27,1	29,0	39,4	41,0	51,8	53,0	64,1	65,0
27,6	29,5	39,9	41,5	52,3	53,5	64,6	65,5
28,1	30,0	40,5	42,0	52,8	54,0	65,2	66,0
28,6	30,5	41,0	42,5	53,3	54,5	65,7	66,5
29,1	31,0	41,5	43,0	53,8	55,0	66,2	67,0
29,6	31,5	42,0	43,5	54,3	55,5	66,7	67,5

Примечание. Промежуточные значения находятся методом линейной интерполяции.

циальным эталоном (HRC<sub>3</sub>). Например, если в чертеже изделия было указано «Калить 58—60 HRC», то для получения изделия той же твердости в новом чертеже надо указать «Калить 59—61 HRC<sub>3</sub>».

При использовании нормативно-технической, справочной и другой технической литературы, изданной в СССР, для перевода чисел твердости HRC в числа твердости HRC<sub>3</sub> следует руководствоваться табл. 13.8.

**Метод Бринелля.** Метод измерения твердости металлов и сплавов по Бринеллю регламентирует ГОСТ 9012—59\* (СТ СЭВ 468—77).

Сущность метода заключается во вдавливании стального шарика в испытуемый образец (изделие) под действием нагрузки, приложенной перпендикулярно к поверхности образца в течение определенного времени, и измерении диаметра отпечатка после снятия нагрузки.

Принятые изменения в обозначении параметров:

Параметр	Испытательная нагрузка	Площадь отпечатка
Обозначение по СТ СЭВ 468—77	$F$	$A$
Обозначение по ГОСТ 9012—59*	$P$	$F$

Твердость по Бринеллю (HB) — твердость, которая выражается отношением приложенной нагрузки  $F (P)$  к площади поверхности сферического отпечатка  $A (F)$ .

Для исключения ошибок, связанных с возможной деформацией шарика, методом Бринелля испытывают материалы с твердостью, не превышающей 450 HB.

Твердость по Бринеллю при условиях испытания, когда диаметр шарика  $D = 10$  мм,  $P = 29\,430$  Н (3000 кгс) и продолжительность выдержки под нагрузкой от 10 до 15 с, обозначается цифрами, характеризующими число твердости, и буквами НВ.

Пример: 175 НВ, где 175 — число твердости, кгс/мм<sup>2</sup>; НВ — твердость по Бринеллю.

При других режимах испытания после букв НВ указывают условия испытания в следующем порядке: диаметр шарика, нагрузку и продолжительность выдержки под нагрузкой, разделенные наклонной чертой.

Пример: 175 НВ 5/750/20, где 175 — число твердости, кгс/мм<sup>2</sup>; НВ — твердость по Бринеллю; 5 — диаметр шарика, мм; 750 — нагрузка, кгс; 20 — время выдержки под нагрузкой, с.

Для измерения твердости по Бринеллю применяют прессы с механическим или гидравлическим приводом и рычажные прессы ручного действия. Наибольшее распространение получили прессы с механическим приводом.

Метод Виккерса. Метод измерения твердости металлов и сплавов по Виккерсу регламентирует ГОСТ 2999—75\* (СТ СЭВ 470—77).

Сущность метода заключается во вдавливании в испытуемый материал правильной четырехгранной алмазной пирамиды с углом 136° между противоположными гранями.

Твердость по Виккерсу вычисляется путем деления нагрузки  $P$  на площадь поверхности полученного пирамидального отпечатка. Метод Виккерса позволяет определять твердость азотированных и цементированных поверхностей, а также тонких листовых материалов. Наблюдается хорошее совпадение значений твердости по Виккерсу и Бринеллю в пределах от 100 до 450 НВ.

Твердость по Виккерсу во всех случаях обозначается буквами НВ без указания размерности — МПа (кгс/мм<sup>2</sup>). Основными параметрами при измерении твердости по Виккерсу являются нагрузка  $P = 294$  Н (30 кгс) и время выдержки 10—15 с. В других случаях после символа НВ указывают индексы, разделенные наклонной чертой и обозначающие нагрузку и время выдержки, и через тире — число твердости.

Пример: НВ 30/20—420, где НВ — твердость по Виккерсу; 30 — нагрузка, кгс; 20 — время выдержки, с; 420 — число твердости.

Соотношения между числами твердости. Приближенные соотношения между числами твердости, определенной различными методами, приведены в табл. 13.9 и 13.10.

По результатам испытания на твердость путем расчетов можно установить связь с данными других испытаний, связанных с разрушением материала. По значениям твердости можно, например, оценить временное сопротивление (предел прочности при растяжении)  $\sigma_B$ , условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$ , модуль упругости  $E$  и др.

Так, для конструкционных углеродистых и легированных сталей перлитного класса, для которых  $НВ \geq 150$ , зависимость условного предела текучести от твердости описывается уравнением  $\sigma_{0,2} = 0,367 НВ$ . Для стали с  $НВ < 150$  эта зависимость имеет вид  $\sigma_{0,2} \approx 0,2 НВ$ .

Экспериментальная зависимость между НВ и временным сопротивлением  $\sigma_B$  для конструкционных углеродистых и низколегированных сталей имеет почти прямолинейный характер, т. е. с некоторым приближением можно считать  $\sigma_B \approx 0,345 НВ$  (для стали с  $НВ \geq 150$ ). При твердости  $НВ < 150$  отношение  $\sigma_B$  к НВ становится большим, чем 0,345. Устойчивая связь между НВ и  $\sigma_B$  позволяет пользоваться таблицей для пересчета НВ на  $\sigma_B$ , рекомендованной ГОСТ 22761—77 (табл. 13.11).

В табл. 13.12 приведены отношения временного сопротивления к числу твердости по Бринеллю для некоторых материалов.

Числа твердости для некоторых деталей общего применения приведены в табл. 13.13.

### 13.3. Механические свойства материалов

В табл. 13.14, 13.15 приведены характеристики упругих свойств сталей [6]. Характеристики упругих и прочностных свойств некоторых пластмасс приведены в табл. 13.16.

Таблица 13.9. Соотношения между числами твердости \*  
HRC, HRA, HB, HV

Роквелл		Бринелль			Виккерс НВ	Роквелл		Бринелль			Виккерс НВ		
HRC	HRA	Диаметр отпечатка $d_{10}$ ( $2d_{0,5}$ ), мм	НВ при нагрузке $P$ , кгс			HRC	HRA	Диаметр отпечатка $d_{10}$ ( $2d_{0,5}$ ), мм	НВ при нагрузке $P$ , кгс				
			3000 ( $30D^2$ )	1000 ( $10D^2$ )					250 ( $2,5D^2$ )	3000 ( $30D^2$ )		1000 ( $10D^2$ )	250 ( $2,5D^2$ )
72	89,0	2,20	782	261	65,0	1220	51	76,5	2,75	495	166	41,3	528
70	86,5	—	—	—	—	1076	50	76,0	—	—	—	—	513
69	86,0	2,25	744	248	62,0	1004	49	75,5	2,80	477	159	39,7	498
68	85,5	—	—	—	—	942	48	74,5	2,85	460	153	38,3	485
67	85,0	2,30	713	238	59,4	894	47	74,0	2,89	448	149	37,3	471
66	84,5	—	—	—	—	854	46	73,5	2,92	437	146	36,4	458
65	84,0	2,35	683	227	56,9	820	45	73,0	2,96	426	142	35,5	446
64	83,5	—	—	—	—	789	44	72,5	3,00	415	138	34,6	435
63	83,0	2,40	652	218	54,3	763	42	71,5	3,08	393	131	32,7	413
62	82,5	—	—	—	—	739	40	70,5	3,16	372	124	31,0	393
61	81,5	2,45	627	210	52,2	715	38	—	3,25	352	117	29,3	373
60	81,0	—	—	—	—	695	36	—	3,34	332	111	27,7	353
59	80,5	2,50	600	200	50,0	675	34	—	3,44	313	104	26,1	334
58	80,0	2,55	578	193	48,8	655	32	—	3,53	297	98,9	24,6	317
57	79,5	—	—	—	—	636	30	—	3,61	283	94,4	23,6	301
56	79,0	2,60	555	185	46,2	617	28	—	3,69	270	90,2	22,5	285
55	78,5	—	—	—	—	598	26	—	3,76	260	86,8	21,7	271
54	78,0	2,65	532	178	44,0	580	24	—	3,83	250	83,5	20,9	257
53	77,5	—	—	—	—	562	22	—	3,91	240	80,0	20,0	246
52	77,0	2,70	512	171	42,7	545	20	—	3,99	230	76,7	19,2	236

Примечания: 1. Обозначения диаметра отпечатка  $2d_{0,5}$  и  $4d_{0,25}$  указывают, что для отыскания по таблице числа твердости при испытании шариком диаметром  $D = 5$  мм диаметр отпечатка нужно умножить на 2, а при испытании шариком диаметром  $D = 2,5$  мм — умножить на 4. Например, для отпечатка диаметром 1,30 мм, полученного при испытании шариком диаметром 5 мм под нагрузкой  $30D^2$  (750 кгс), число твердости следует искать в таблице для отпечатка 2,60 мм (так как  $2 \cdot 1,30 = 2,60$ ), т. е. оно равно 555. 2. Соотношения между числами твердости, которые напечатаны жирным шрифтом, приняты Государственным Комитетом стандартов Совета Министров СССР.

\* Указанные в таблице значения твердости по Роквеллу и Виккерсу соответствуют значениям твердости по Бринеллю, определенным с помощью шарика диаметром  $D = 10$  мм при нагрузке  $P = 3000$  кгс.



Таблица 13.10. Соотношения между числами твердости \*  
HRB, HB, HV

Роквелл HRB	Бринелль				Виккерс HV	Роквелл HRB	Бринелль			Виккерс HV	
	Диаметр отпечатка $d_{10}$ ( $2d_s$ ), мм	HB при нагрузке P, кгс					Диаметр отпечатка $d_{30}$ ( $2d_s$ ), мм	HB при нагрузке P, кгс			
		3000 ( $30D^2$ )	1000 ( $10D^2$ )	250 ( $2,5D^2$ )				3000 ( $30D^2$ )	1000 ( $10D^2$ )		250 ( $2,5D^2$ )
100	3,91	240	80,0	20,0	246	—	5,03	—	46,9	11,7	—
99	3,96	234	77,9	19,5	235	76	5,06	139	46,3	11,6	139
98	4,01	228	75,9	19,0	226	75	5,09	137	45,7	11,4	137
97	4,06	222	73,9	18,5	221	—	5,10	—	45,5	—	—
96	4,11	216	72,0	18,0	217	74	5,12	135	45,1	11,3	135
95	4,17	210	70,9	17,5	213	—	5,13	—	45,0	—	—
94	4,21	205	68,5	17,1	209	72	5,21	130	43,5	10,9	130
93	4,26	200	66,8	16,7	201	—	5,22	—	43,3	10,8	—
92	4,32	195	64,9	16,2	197	70	5,31	125	41,7	10,4	125
91	4,37	190	63,3	15,8	190	—	5,32	—	41,5	—	—
90	4,42	185	61,8	15,5	186	68	5,39	121	40,4	10,1	121
—	4,43	—	61,5	15,4	—	—	5,40	—	40,2	—	—
89	4,48	180	60,1	15,0	183	66	5,47	117	39,1	9,78	117
88	4,53	176	58,7	14,7	177	—	5,48	—	38,9	9,73	—
87	4,58	172	57,3	14,3	174	64	5,53	114	38,2	9,54	114
86	4,62	169	56,3	14,1	170	—	5,55	—	37,9	9,46	—
85	4,67	165	55,0	13,8	166	62	5,62	110	36,8	9,20	110
84	4,71	162	54,0	13,5	163	—	5,64	—	36,5	9,14	—
83	4,75	159	53,0	13,3	159	60	5,69	107	35,8	8,97	107
82	4,79	156	52,1	13,0	156	—	5,71	—	35,6	8,90	—
—	4,80	—	51,9	—	—	58	5,74	105	35,1	8,79	105
81	4,84	153	51,0	12,8	153	—	5,76	—	34,9	8,73	—
80	4,88	150	50,1	12,5	149	57	5,79	103	34,5	8,63	103
—	4,89	—	49,8	—	—	—	5,81	—	34,2	8,56	—
79	4,93	147	49,0	12,3	146	56	5,84	101	33,8	8,46	101
78	4,97	144	48,1	12,0	143	—	5,86	—	33,6	8,40	—
—	4,98	—	47,9	—	—	55	5,90	99,2	33,1	8,26	99
77	5,02	141	47,1	11,8	140	53	5,95	97,3	32,4	8,11	97
—	—	—	—	—	—	51	6,00	95,5	31,8	7,96	95

Примечание. См. примечание к табл. 13.9.

\* См. сноску к табл. 13.9.

Таблица 13.11. Соотношение между твердостью по Бринеллю HB и временным сопротивлением  $\sigma_B$  для конструкционных углеродистых сталей перлитного класса при испытании шаром диаметром 2,5 мм по ГОСТ 22761-77

HB, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ , МПа	HB, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ , МПа	HB, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ , МПа
981 (100)	378	1079 (110)	404	1196 (122)	439
1000 (102)	383	1098 (112)	410	1226 (125)	448
1020 (104)	388	1128 (115)	419	1245 (127)	451
1040 (106)	393	1147 (117)	425	1275 (130)	463
1059 (108)	399	1177 (120)	434	1295 (132)	469

HB, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ , МПа	HB, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ , МПа	HB, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ , МПа
1324 (135)	479	2550 (260)	853	3776 (385)	1264
1345 (137)	490	2569 (262)	859	3795 (387)	1271
1373 (140)	492	2599 (265)	868	3825 (390)	1282
1393 (142)	494	2618 (267)	874	3844 (392)	1290
1422 (145)	508	2648 (270)	883	3874 (395)	1301
1442 (147)	514	2667 (272)	889	3893 (397)	1308
1471 (150)	523	2697 (275)	898	3923 (400)	1319
1491 (152)	528	2716 (277)	904	3942 (402)	1327
1520 (155)	537	2746 (280)	914	3972 (405)	1340
1540 (157)	543	2765 (282)	920	3991 (407)	1347
1550 (160)	553	2795 (285)	929	4021 (410)	1358
1589 (162)	559	2815 (287)	935	4040 (412)	1363
1618 (165)	569	2844 (290)	944	4070 (415)	1383
1638 (167)	575	2864 (292)	951	4089 (417)	1391
1667 (170)	583	2893 (295)	961	4119 (420)	1402
1687 (172)	588	2913 (297)	967	4138 (422)	1410
1716 (175)	598	2942 (300)	976	4168 (425)	1422
1736 (177)	604	2962 (302)	984	4187 (427)	1430
1765 (180)	613	2991 (305)	995	4217 (430)	1442
1785 (182)	619	3011 (307)	1001	4237 (432)	1451
1814 (185)	628	3040 (310)	1010	4266 (435)	1466
1834 (187)	634	3060 (312)	1017	4285 (437)	1474
1853 (190)	642	3089 (315)	1028	4315 (440)	1486
1883 (192)	648	3109 (317)	1035	4335 (442)	1494
1912 (195)	657	3138 (320)	1044	4364 (445)	1505
1932 (197)	663	3158 (322)	1050	4384 (447)	1513
1961 (200)	673	3187 (325)	1059	4413 (450)	1523
1981 (202)	679	3207 (327)	1066	4433 (452)	1535
2010 (205)	687	3236 (330)	1077	4462 (455)	1550
2030 (207)	691	3256 (332)	1084	4482 (457)	1557
2059 (210)	699	3285 (335)	1094	4511 (460)	1569
2079 (212)	707	3305 (337)	1099	4531 (462)	1579
2108 (215)	718	3334 (340)	1108	4560 (465)	1594
2128 (217)	724	3354 (342)	1115	4580 (467)	1600
2157 (220)	734	3383 (345)	1126	4609 (470)	1608
2177 (222)	739	3403 (347)	1133	4629 (472)	1618
2206 (225)	748	3432 (350)	1142	4658 (475)	1633
2226 (227)	756	3452 (352)	1148	4678 (477)	1643
2256 (230)	765	3481 (355)	1157	4707 (480)	1652
2275 (232)	771	3501 (357)	1164	4727 (482)	1662
2305 (235)	779	3530 (360)	1175	4756 (485)	1672
2324 (237)	785	3550 (362)	1182	4776 (487)	1682
2351 (240)	794	3579 (365)	1192	4805 (490)	1697
2373 (242)	800	3599 (367)	1197	4825 (492)	1704
2403 (245)	809	3628 (370)	1206	4854 (495)	1716
2422 (247)	815	3648 (372)	1214	4874 (497)	1724
2452 (250)	824	3677 (375)	1226	4903 (500)	1736
2471 (252)	830	3697 (377)	1234	—	—
2501 (255)	839	3727 (380)	1245	—	—
2520 (257)	844	3746 (382)	1253	—	—

Таблица 13.12. Отношения временного сопротивления  $\sigma_B$  к числу твердости по Бринеллю для некоторых материалов [52]

Металл	Состояние металла	Условия испытания ( $D = 10$ мм)	$\frac{\sigma_B}{HB}$
Медь красная	После отжига	$P = 10D^2$	0,48
	Холоднокатаная:		
	при обжатии 5 %		0,35
	» » 10 %		0,34
	» » 90 %		0,40
Латунь	После отжига	$P = 10D^2$	0,50
	После деформационного упрочнения (наклепа)		0,41
Алюминий	Холоднокатаный:	$P = 2,5D^2$	
	при обжатии 5 %		0,37
	» » 10 %		0,35
	» » 90 %		0,40
	После отжига		0,40
Дюралюминий	После отжига	$P = 10D^2$	0,36—0,37
	После старения		0,34—0,36
	Холоднокатаный:		
	при обжатии 5 %		0,37
	» » 10 %		0,36
Литье стальное	—	—	0,3—0,4
	—	—	0,33
	—	$P = 30D^2$	0,34

Таблица 13.13. Числа твердости HRC и HRC<sub>9</sub> для некоторых деталей и инструментов [52]

Детали и инструменты (в скобках указаны марки стали)	Числа твердости	
	HRC	HRC <sub>9</sub>
Головки откидных болтов, гайки шестигранные, рукоятки зажимные (45)	33—38	34,7—39,9
Головки шарнирных винтов, концы и головки установочных винтов, оси шарниров, планки прижимные и съемные (45); головки винтов с внутренними шестигранными отверстиями (35); палец поводкового патрона (40X)	35—40	36,7—41,6
Шлицы круглых гаек (20, 40, 45)	36—42	37,7—43,5
Зубчатые колеса, шпонки (призматические, сегментные и установочные), прихваты (эксцентриковые и Г-образные), сухари к станочным пазам (45)	40—45	41,6—46,4
Пружинные и стопорные кольца (65Г); клинья натяжные (У10А)	45—50	46,4—51,3
Винты самонарезающие (15, 20); центры токарные (У7А); эксцентрики, опоры грибковые и опорные пластики (20); пальцы установочные (У7А, У8А, 20); цанги (У8А, У10А)	50—60	51,3—61,0
Гайки установочные, контргайки, сухари к станочным пазам, эксцентрики круговые, кулачки эксцентриковые, фиксаторы делительных устройств, губки сменные к тискам и патронам (20); зубчатые колеса (20X)	56—60	57,1—61,0
Рабочие поверхности калибров — пробок и скоб (У10А, У12А, 15, 20 и др.)	56—64	57,1—64,9
Копиры, ролики копирные (У8А, У10А)	58—63	59—63,9
Втулки кондукторные, втулки вращающиеся для точных борштанг (20)	60—64	61,0—64,9
Ролики копирные (У10)	62—64	62,9—64,9
<p>Примечание. В таблице приведены распространенные в промышленной практике числа твердости для широко известных деталей и инструментов с целью ориентации конструктора при назначении твердости для деталей, работающих в аналогичных условиях.</p>		

Т а б л и ц а 13.14. Характеристики упругих свойств сталей  
обыкновенного качества и легированных

Марка стали	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	НВ, МПа
Ст08	324	205	1283
10	352	215	1341
20	520	430	1521
30	509—609	292	1753
40	590—713	334	2122
55	695—816	392	2497
70	764—880	430	2634
85	1126	980	2957
15Г	430—530	245	1596
30Г	569—668	317	2124
45Г	678—791	372	2360
60Г	785—900	430	2634
70Г	820—940	470	2634
10Г2	410—570	264	1829
30Г2	649—744	391	2370
45Г2	782—900	478	2397
50Г2	812—930	508	2424
2Х13	636	530	2124—2634
25ГЛ	490—540	294—343	1341—1361
25Г2Л	590—637	343—440	2056
40ГЛ	600	394	1958
ХН20	801	480	—
30ХМЛ	801	678	2162
40ХГЛ	890	540	—
30Н2ХГЛМ	733—1567	539—1273	—
Г13Л	782—980	245—391	1653—1958
30МЛ	460	221	1230
Х25Н2Л	384—433	144—154	1987
Ст2	325—404	201—211	—
Ст3	384—482	220—240	—
Ст5	480—595	278—259	—
15Х *	120	578	—
20Х *	770	578	—
40Х *	1150—1210	875—885	3725—3965
30ХМ *	960	819	—
33ХС *	910	769	—
40ХС *	1200	1060	—
20ХГ *	862	720	—
40ХГ *	960	770	—
35ХГСА *	1600	1341	—
40ХН *	1022	910	2758
12ХН2 *	1020	862	2936
20ХН3А *	395	280	—
30ХН3А *	630	572	—
12Х2Н4А *	1256	1087	3274
18Х2Н4ВА *	1059	770	3082—3725
38ХМЮА *	960	815	—

Примечание. Для сталей различных марок  $E = (19,5 \div 20,6) \cdot 10^4$  МПа;  
 $G = (7,9 \div 8,9) \cdot 10^4$  МПа;  $\mu = 0,23 \div 0,31$ .

\* Закаленная сталь.

Т а б л и ц а 13.15. Характеристики упругих свойств мартенситно-  
старееющих сталей [6]

Марка стали (массовое содержание легирующих элементов)	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа
Н12М10К15 (Fe; 12,2 % Ni; 14,1 % Co; 10 % Mo): закаленная и состаренная	2500	2450
кованая и состаренная	2500	2450
Н12К12М7В7 (Fe; 11,9 % Ni; 12 % Co; 7,8 % Mo; 6,7 % W), закаленная и состаренная	2550	—
Н12М10К12ТЮ (Fe; 12,3 % Ni; 9,6 % Mo; 12 % Co; 0,79 % Ti; 0,94 % Al), кованая и состаренная	2940	2890

Т а б л и ц а 13.16. Характеристики упругих свойств пластмасс [6]

Пластмасса	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$\sigma_{ср}$ , МПа
Аминопласт	36	98	59—78
Асботекстолит	64—117	123—301	108—86
Винипласт	39,2—58,8	784—157	98—118
Гетинакс электротехнический (П)	78,4	162—284	98
Полипропилен ПП-1	24,5	59	78
Полипропилен стеклонаполненный	55	48	69
Полстирол:			
эмульсионный А	34—39	98	98
суспензионный ПС-С	39	—	49
стеклонаполненный	72,5—103	96—117	103—130
Полиформальдегид стабилизированный	59—69	127	78
Полиэтилен:			
высокого давления кабельный П-2003-5	11,8—13,7	—	7,4
высокого давления П-2006-Т	13,7	123	11,8—16,7
" " П-4007-Э	21,6	245	21,6
среднего давления	26,5—32,3	—	24,5—39
Древесно-слоистый пластик ДСП-Б (длинный лист)	216	152	255
Стекло органическое ПА, ПБ, ПВ	49	118—157	78—137
Стеклотекстолит СТЭР-1-30	294	294	392
Текстолит:			
поделочный ПТК	98	245	157
металлургический	—	196	—
графитированный	88	196	118
Фаолит А	17	39	49
Фторопласт-3	29—39	19,6—56	59—78
Фторопласт-4	22	11,8	13,7

## Глава 14. ЧЕРНЫЕ И ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ. ПЛАСТМАССЫ

### 14.1. Чугун

Наиболее широкое распространение в промышленной практике получили чугуны: *белые* (при содержании С до 4 % в виде цементита); *серые* (при содержании С 2,5—3,7 %, при этом до 0,9 % углерода находится в химически связанном с железом состоянии, остальная часть углерода содержится в виде графита); *высокопрочные* (получаются из серого чугуна путем его обработки в жидком состоянии небольшими количествами Mg или другими элементами); *ковкие* (получаются путем специального отжига белого чугуна); *антифрикционные* (применяются в подшипниковых узлах трения); *легированные* (в состав которых входят Ni, Mo, Cr, Cu, W, V, Al, Ti и др.).

В табл. 14.1—14.6 приведены основные характеристики и примеры применения наиболее распространенных марок чугунов.

Стандартные марки *серых чугунов* обозначаются по ГОСТ 1412—79 буквами С — серый и Ч — чугун. После букв следует число, означающее предел прочности при растяжении (кгс/мм<sup>2</sup>). По ГОСТ 1412—70 в марке чугуна добавлялось второе число — предел прочности при испытании на изгиб (кгс/мм<sup>2</sup>). Пример условного обозначения отливки из серого чугуна марки СЧ 25:

*СЧ 25 ГОСТ 1412—79.*

Стандартные марки *ковких чугунов* обозначаются буквами К — ковкий, Ч — чугун. После букв следуют числа. Первое представляет собой предел прочности при растяжении  $\sigma_B$  (кгс/мм<sup>2</sup>), второе — относительное удлинение  $\delta$  (%), например:

*КЧ 30-6 ГОСТ 1215—79.*

Стандартные марки *высокопрочных чугунов* обозначаются буквами В — высокопрочный, Ч — чугун. После букв следуют числа — такие же, как и при обозначении марок ковких чугунов: первое число — предел прочности при растяжении (кгс/мм<sup>2</sup>), второе — относительное удлинение (%). Пример условного обозначения отливки из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом марки ВЧ 60-2:

*Отливка ВЧ 60-2 ГОСТ 7293—79.*

Стандартные марки *антифрикционных чугунов* обозначаются грема буквами. Буквенная часть марок означает: АЧ — антифрикционный чугун, С — серый чугун (с пластинчатым графитом), К — ковкий (с компактным графитом), В — высокопрочный (с шаровидным графитом). Пример условного обозначения отливки из антифрикционного чугуна марки АЧС-5:

*Отливка АЧС-5 ГОСТ 1585—79.*

### 14.2. Сталь

Сталь углеродистая обыкновенного качества (табл. 14.7, 14.8). В зависимости от назначения и гарантируемых характеристик сталь углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71\*) подразделяется на три группы: сталь группы А поставляется по механическим свойствам и изготавливается следующих марок: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6; сталь группы Б поставляется по химическому составу и изготавливается следующих марок: БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6; сталь группы В поставляется по механическим свойствам и химическому составу и изготавливается следующих марок: ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

В зависимости от *нормируемых показателей* сталь каждой группы подразделяется на категории<sup>1</sup>: сталь группы А—1; 2; 3; сталь группы Б—1; 2; сталь группы В—1; 2; 3; 4; 5; 6.

<sup>1</sup> Указанные категории не распространяются на листовую сталь толщиной менее 4 мм.

Таблица 14.1. Механические свойства отливок из серого чугуна с пластинчатым графитом по ГОСТ 1412—79

Марка чугуна	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{II}$ , МПа	Твердость НВ	
	Не менее		МПа	кгс/мм <sup>2</sup>
СЧ 10	98	274	1402—2246	143—229
СЧ 15	147	314	1599—2246	163—229
СЧ 18	176	358	1668—2246	170—229
СЧ 20	196	392	1668—2364	170—241
СЧ 21	206	392	1668—2364	170—241
СЧ 24	235	421	1668—2364	170—241
СЧ 25	245	451	1766—2452	180—250
СЧ 30	294	490	1775—2501	181—255
СЧ 35	343	539	1932—2638	197—269
СЧ 40	392	588	2030—2795	207—285
СЧ 45	441	637	2246—2835	229—289

Примечания: 1. Допускается изготовление отливок из чугуна марок СЧ 21 и СЧ 24, предназначенных для автомобильной промышленности. 2. Отливки из чугуна марки СЧ 18 допускается изготавливать до 1984 г. 3. Химический состав для отливок из серого чугуна приведен в ГОСТ 1412—79. 4. Показателем механических свойств является предел прочности при растяжении. 5. Значения механических свойств чугуна в зависимости от толщины стенки отливки приведены на рисунке

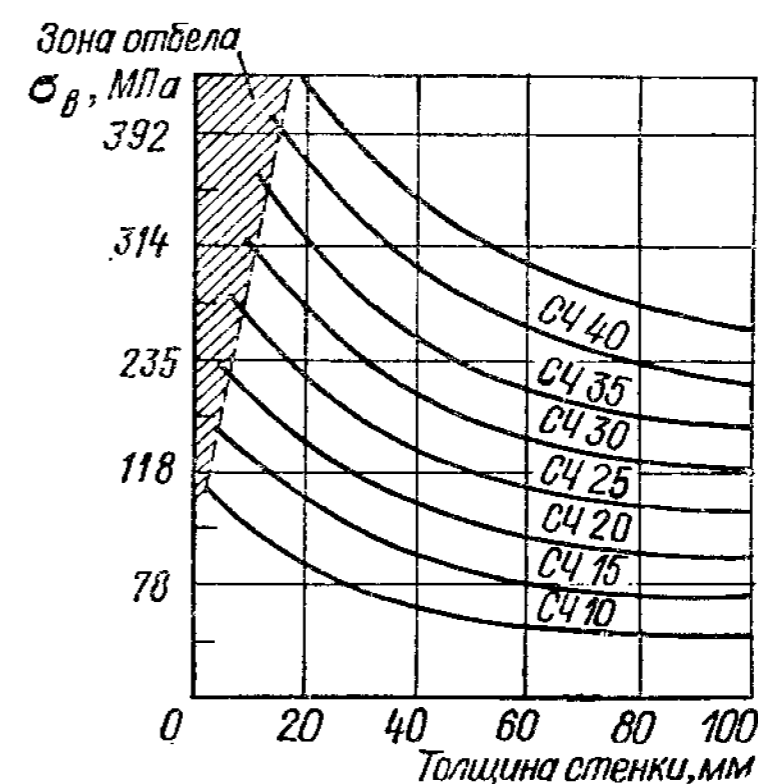


Таблица 14.2. Характеристика и примеры применения отливок из серого чугуна

Марка чугуна по ГОСТ 1412—79	Характеристика	Примеры применения
СЧ 10	Неответственное литье, к которому предъявляется главным образом требование легкости обработки, а не прочности	Плиты, грузы, корыта, крышки, кожухи, основания с привертными направляющими



Марка чугуна по ГОСТ 1412—79	Характеристика	Примеры применения
СЧ 15	Малоответственное литье с толщиной стенки $\delta_{ст} = 8 \div 15$ мм; невысокие требования к износостойкости	Детали сложной конструкции при недопустимости большого коробления и невозможности проведения их старения; маховики, шкивы, поршневые кольца, арматура, сосуды, работающие под давлением; тонкостенные отливки с развитыми габаритными размерами небольшой массы: детали весов, текстильных, печатных, швейных, счетных и других машин
СЧ 18	Ответственное литье с $\delta_{ст} = 8 \div 25$ мм; детали, подвергающиеся средним напряжениям и давлениям	Основания станков, детали корпусов, крупные шкивы, зубчатые колеса, блоки цилиндров, поршни и поршневые кольца и т. п.
СЧ 20	Ответственное литье с $\delta_{ст} = 10 \div 30$ мм; детали, требующие значительной прочности и работающие при температуре до 300 °С	Корпуса, блоки цилиндров, зубчатые колеса, станины с направляющими большинства металлорежущих станков, диски сцепления, тормозные барабаны и т. п.
СЧ 24	Ответственное литье с $\delta_{ст} = 20 \div 40$ мм; детали, работающие при температуре до 300 °С	Блоки автомобильных цилиндров, гильзы двигателей, поршни, тяжелонагруженные зубчатые колеса, кокильные формы и т. п.
СЧ 25	Ответственное сложное литье с $\delta_{ст} = 20 \div 60$ мм; детали, работающие при температуре до 300 °С	Корпуса насосов и гидроприводов, поршни и гильзы дизелей и бесклапанных двигателей, цилиндры и головки дизелей, рамы, штампы для холодной вытяжки и другие детали, работающие под высоким давлением; блоки цилиндров, головки блоков, гильзы автомобилей и тракторов, станины и другие ответственные детали станков; клапаны и кулачки распределительных механизмов, зубчатые колеса и т. п.
СЧ 30	Ответственное высоконагруженное литье с $\delta_{ст} = 20 \div 100$ мм; детали, работающие при температуре до 300 °С	Цилиндры и крышки паровых машин, малые коленчатые валы; клапаны и кулачки распределительных механизмов, зубчатые колеса; цепные звездочки, тормозные барабаны, муфты, диски сцепления, клапаны, поршневые кольца; станины ножниц и прессов, блоки и плиты многшпиндельных станков, станины с направляющими револьверных, автоматических и других интенсивно нагруженных станков и т. п.
СЧ 35	Ответственное тяжело-нагруженное литье с $\delta_{ст} \geq 20$ мм	Крупные толстостенные втулки, зубчатые колеса, крупные коленчатые валы; цепные звездочки, зубчатые и червячные колеса, тормозные барабаны, муфты, диски сцепления, клапаны, поршневые кольца

Таблица 14.3. Механические свойства и область применения отливок из ковкого чугуна по ГОСТ 1215—79

Марка чугуна	$\sigma_B$ , МПа, не менее	$\delta$ , %	Твердость НВ, не более	
			МПа	кгс/мм <sup>2</sup>
КЧ 30-6 КЧ 33-8 КЧ 35-10 КЧ 37-12	294 324 344 363	6 8 10 12	1600	163
КЧ 45-6 КЧ 50-4	441 490	6* 4	2365	241
КЧ 56-4 КЧ 60-3 КЧ 63-2	549 588 618	4 3 2	2640	269

Примечание Ковкий чугун применяется в основном для небольших отливок, работающих в условиях динамических нагрузок, а также требующих незначительной рихтовки. Главной причиной его ограниченного применения являются технологические затруднения в процессе изготовления отливок, необходимость длительной термической обработки, ограниченные допускаемые размеры сечений (не более 30—40 мм) и др.

\* С согласия заказчика допускается понижение относительного удлинения до 3 %.

Таблица 14.4. Механические свойства и область применения отливок конструкционного назначения из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом по ГОСТ 7293—79

Марка чугуна	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	Твердость НВ	
	Не менее			МПа	кгс/мм <sup>2</sup>
ВЧ 38-17	373	235	17	1373—1668	140—170
ВЧ 42-12	412	274	12	1373—1962	140—200
ВЧ 45-5	441	333	5	1570—2158	160—220
ВЧ 50-7	490	343	7	1678—2364	171—241
ВЧ 50-2	490	343	2	1766—2550	180—260
ВЧ 60-2	588	393	2	1962—2747	200—280
ВЧ 70-2	686	441	2	2246—2943	229—300
ВЧ 80-2	784	490	2	2453—3237	250—330
ВЧ 100-2	981	686	2	2649—3532	270—360
ВЧ 120-2	1177	882	2	2963—3728	302—380

Примечания. 1. Ударная вязкость чугуна марки ВЧ 38-17 не менее 13 Дж/см<sup>2</sup> (1,3 кгс·м/см<sup>2</sup>). 2. Область применения: высокопрочный чугун применяется как новый материал и как заменитель стали, ковкого чугуна и серого чугуна с пластинчатым графитом. По сравнению со сталью обладает большей износостойкостью, лучшими антифрикционными и антикоррозионными свойствами, лучшей обрабатываемостью. Вследствие меньшей плотности отливки легче стальных на 8—10 %. Из высокопрочного чугуна, в отличие от ковкого, можно отливать детали любого сечения, массы и размеров. 3. Примеры применения: а) в станкостроении — суппорты, резцедержатели, тяжелые планшайбы, шпиндели, рычаги и др.; б) для прокатного и кузнечно-прессового оборудования — прокатные валки, станины прокатных станов и ковалочных молотов, шаботы, траверсы прессы (48 000 кг) и др.; в) для других видов оборудования — барабан тельфера экскаватора (1900 кг), коленчатый вал (2800 кг) и т. п.

Т а б л и ц а 14.5. Твердость и основные характеристики отливок из антифрикционного чугуна по ГОСТ 1585—79

Марка чугуна	Твердость НВ		Характеристика и назначение чугуна
	МПа	кгс/мм <sup>2</sup>	
АЧС-1	1766—2364	180—241	Перлитный чугун, легированный хромом и медью; предназначен для работы в паре с термически обработанным (закаленным или нормализованным) валом
АЧС-2	1766—2246	180—229	Перлитный чугун, легированный хромом, никелем, титаном и медью; предназначен для работы в паре с термически обработанным (закаленным или нормализованным) валом
АЧС-3	1570—1864	160—190	Перлитно-ферритный чугун, легированный титаном и медью; предназначен для работы в паре с «сырым» (в состоянии поставки) или термически обработанным валом
АЧС-4	1766—2246	180—229	Перлитный чугун, легированный сурьмой; предназначен для работы в паре с термически обработанным (закаленным или нормализованным) валом
АЧС-5	1766—2845 (в литом состоянии); 1373—1766 (после закалки)	180—290 (в литом состоянии); 140—180 (после закалки)	Аустенитный чугун, легированный марганцем и алюминием; предназначен для работы в особо нагруженных узлах трения в паре с термически обработанным (закаленным или нормализованным) валом
АЧС-6	981—1177	100—120	Перлитный пористый чугун, легированный свинцом и фосфором; предназначен для работы в узлах трения с температурой до 300 °С в паре с «сырым» (в состоянии поставки) валом
АЧВ-1	2060—2550	210—260	Перлитный чугун; предназначен для работы в узлах трения с повышенными окружными скоростями в паре с термически обработанным (закаленным или нормализованным) валом
АЧВ-2	1638—1933	167—197	Перлитно-ферритный чугун; предназначен для работы в условиях трения с повышенными окружными скоростями в паре с «сырым» (в состоянии поставки) валом
АЧК-1	1834—2246	187—229	Перлитный чугун, легированный медью; предназначен для работы в паре с термически обработанным валом
АЧК-2	1638—1933	167—197	Ферритно-перлитный и перлитно-ферритный ковкий чугун; предназначен для работы в паре с «сырым» валом

Т а б л и ц а 14.6. Режимы работы отливок из антифрикционного чугуна по ГОСТ 1585—79

Марка чугуна	Давление $p$		Окружная скорость $v$ , м/с	Марка чугуна	Давление $p$		Окружная скорость $v$ , м/с
	МПа				МПа		
	Не более				Не более		
АЧС-1	490	1370	5,0 0,3	АЧС-6	880	4,0	
	АЧС-2	980		10	АЧВ-1		145 1960
АЧС-3 АЧС-4		590	1470	0,3 3,0	АЧВ-2	100 1175	5,0 1,0
	АЧС-5	1960	2940		1,0 0,4	АЧК-1	1960
				АЧК-2		50 1175	5,0 1,0

Примечания: 1. Приводимые для некоторых марок чугуна два предельных значения для  $p$  и соответственно для  $v$  указывают допустимые сочетания этих показателей. 2. При использовании антифрикционного чугуна в узлах трения требуется соблюдать следующие условия: а) тщательный монтаж — точное сопряжение трущихся поверхностей и отсутствие перекося; б) обеспечение непрерывного тщательного смазывания, не допускающего искрения или значительного нагрева узла трения; в) увеличение зазоров по сравнению с установленными для бронзы на 15—30 %, при наличии значительного нагрева узла трения в работе — до 50 %; г) приработку на холостом ходу и постепенное повышение рабочих нагрузок. 3. Предельные режимы работы деталей из антифрикционного чугуна в узлах трения не должны превышать норм, указанных в таблице.

Сталь всех групп с номерами марок 1; 2; 3 и 4 по степени раскисления изготовляется кипящей (наименее раскисленной и дешевой), спокойной (наиболее раскисленной и дорогой) и полуспокойной, с номерами марок 5 и 6 — спокойной и полуспокойной. Стали марок Ст0 и БСт0 по степени раскисления не разделяются. Если степень раскисления в заказе не указана, то она выбирается предприятием-изготовителем.

Полуспокойная сталь с номерами марок 1—5 производится с обычным и повышенным содержанием марганца.

Сталь марок ВСт1, ВСт2, ВСт3 всех категорий и степеней раскисления, в том числе с повышенным содержанием марганца, а по требованию заказчика также сталь марок БСт1, БСт2, БСт3 2-й категории всех степеней раскисления (включая сталь с повышенным содержанием марганца), поставляется с гарантией свариваемости; поставка стали группы Б с гарантией свариваемости оговаривается в заказе.

В обозначении марок:

а) буквы Ст — сталь, цифры от 0 до 6 — условный номер марки в зависимости от химического состава и механических свойств, например Ст0, Ст1.

б) буквы Б и В перед буквами Ст — группа стали; группа А не указывается, например Ст3, БСт3, ВСт3;

в) буквы, добавляемые после номера марки, — степень раскисления: кп — кипящая, пс — полуспокойная, сп — спокойная, например Ст3кп, Ст3пс, ВСт3сп;

г) цифры, добавляемые в конце обозначения марки, указывают на категорию стали, например Ст3пс2, БСт3кп2; 1-я категория в обозначении марки не указывается; при заказе стали необходимой категории без указания степени раскисления номер марки и категорию отделяют друг от друга тире, например Ст3 — 2, БСт3 — 2;

Т а б л и ц а 14.7. Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества группы А по ГОСТ 380—71

Марка стали	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа, не менее				$\delta_b$ , %, не менее			Нормы условий испытания на изгиб на $180^\circ$ при толщине образца $a \leq 20$ мм ( $d$ — диаметр оправки)
		Толщина, мм							
		До 20	Св. 20 до 40	Св. 40 до 100	Св. 100	До 20	Св. 20 до 40	Св. 40	
Ст0	$\geq 305$	—	—	—	—	23	22	20	$d = 2a$
Ст1кп Ст1пс; Ст1сп Ст1Гпс Ст2кп	305—392 315—412 315—422 324—412	— — — 216	— — — 206	— — — 196	— — — 186	35 34 34 33	34 33 35 32	32 31 31 30	$d = 0$ (без оправки)
Ст2пс; Ст2сп Ст2Гпс	334—431 334—441	226	216	206	196	32	31	29	$d = 0,5a$
Ст3кп	363—461	235	226	216	196	27	26	24	
Ст3пс; Ст3сп Ст3Гпс	373—480 373—490	245	235	226	206	26	25	23	$d = 2a$
Ст4кп	402—510	255	245	235	226	25	24	22	
Ст4пс; Ст4сп Ст4Гпс	412—530 412—539	265	255	245	235	24	23	21	$d = 3a$
Ст5пс; Ст5сп Ст5Гпс	490—628 451—588	285	275	265	255	20	19	17	
Ст6пс; Ст6сп	$\geq 588$	315	305	294	294	15	14	12	—

Т а б л и ц а 14.8. Примеры применения некоторых марок углеродистой стали обыкновенного качества

Марка стали по ГОСТ 380—71	Примеры применения
Ст0; БСт0	Ненагруженные (нерассчитываемые) детали металлоконструкций, арматура, прокладки, шайбы, ограждения, кожухи
Ст1; БСт1кп	Малонагруженные детали металлоконструкций, анкерные болты, жесткие связи, шайбы, прокладки, кожухи, штампованные детали
Ст2; БСт2кп; ВСт2кп	Детали металлоконструкций, рамы и пояса тележек, заклепки, болты, валики, оси, кулачки, не испытывающие больших напряжений, ключи, шайбы
Ст3; БСт3кп; БСт3; ВСт3кп; ВСт3	Детали металлоконструкций, малоответственные детали, не подвергающиеся термической обработке (втулки, вкладыши, рычаги, стержни, болты, гайки, хомуты), цементируемые и цинкируемые детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины, валы, поршни, пальцы маломощных двигателей, толкатели, зубчатые колеса, червяки
Ст4; БСт4кп; БСт4; ВСт4кп; ВСт4 Ст5; БСт5; ВСт5	Детали металлоконструкций, валы, оси, тяги, стяжки, крюки, серьги, рычаги, болты, клинья, шпонки Детали с повышенными требованиями к прочности: валы, оси, пальцы, звездочки, крюки, серьги, рычаги, гайки, клинья, чеки, зубчатые колеса, шпонки
Ст6; БСт6	Детали, требующие повышенной прочности: валы, оси, бойки молотов, коленчатые валы, кулачковые и фрикционные муфты, пластины цепей, тормозные ленты, шпонки, зубчатые колеса (при низких контактных давлениях), червяки средней прочности. Применяются, как правило, в термически обработанном состоянии после улучшения, нормализации

д) буква Г после номера марки стали обозначает повышенное содержание марганца, например Ст3Гпс.

Сталь углеродистая качественная конструкционная (табл. 14.9, 14.10). Сталь углеродистая качественная конструкционная по ГОСТ 1050—74\* поставляется по химическому составу и механическим свойствам. Марки стали: 05кп; 08кп; 08пс; 08; 10кп; 10пс; 10; 11кп; 15кп; 15пс; 15; 18кп; 20кп; 20пс; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55 (55кп); 58; 60.

В обозначении марок:

а) двузначные числа — среднее содержание (массовая доля) углерода в сотых долях процента;

б) буква Г — повышенное содержание Mn (около 1 %);

в) буквы кп — кипящая (наименее раскисленная и наиболее дешевая) сталь; пс — полуспокойная сталь. Отсутствие букв кп и пс означает спокойную (наиболее раскисленную и дорогую) сталь.

Кроме углерода сталь содержит также: Si — в сталях 05кп и 08кп —  $\leq 0,03$  %; в сталях 10кп, 15кп и 20кп —  $\leq 0,07$  %; в сталях 08пс, 10пс, 15пс и 20пс — 0,05—0,17 %; в сталях остальных марок — 0,17—0,37 %; Mn — в стали 05кп —  $\leq 0,40$  %; в сталях 08кп, 10кп, 15кп и 20кп — 0,25—0,50 %; в сталях 08пс, 08, 10пс, 10, 15пс, 15, 20пс и 20 — 0,35—0,65 %; в сталях 20—55 и 60 — 0,50—0,80 %; в стали 58 —  $\leq 0,20$  %; Cr — в сталях 05кп, 08кп, 08пс и 08 —  $\leq 0,10$  %; в сталях 10кп, 10пс, 10 и 58 —  $\leq 0,15$  %; в сталях остальных марок —  $\leq 0,25$  %; в сталях всех марок содержание серы допускается не более 0,040 %, фосфора — не более 0,035 %.

**Таблица 14.9. Механические свойства углеродистой качественной конструкционной горячекатаной и кованой стали по ГОСТ 1050—74\***

Марка стали	Для стали 2-й категории				Для стали всех категорий НВ, не более			
	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	Без термообработки		После отжига или высокого отпуска	
	МПа				МПа	кгс/мм <sup>2</sup>	МПа	кгс/мм <sup>2</sup>
	Не менее							
08	324	196	33	60	1285	131	—	—
10	334	206	31	55	1403	143	—	—
15	373	226	27	55	1462	149	—	—
20	412	245	25	55	1600	163	—	—
25	451	275	23	50	1668	170	—	—
30	490	294	21	50	1756	179	—	—
35	530	315	20	45	2031	207	—	—
40	569	334	19	45	2129	217	1834	187
45	598	353	16	40	2246	229	1933	197
50	628	373	14	40	2364	241	2031	207
55	647	382	13	35	2502	255	2129	217
58	598	315	12	28	2502	255	2129	217
(55пп)								
60	677	402	12	35	2502	255	2246	229

Примечания: 1. Нормы механических свойств, указанные в табл. 14.9, относятся к стали диаметром или толщиной до 80 мм. Для стали диаметром или толщиной св. 80 мм допускается снижение относительного удлинения на 2 % и относительного сужения на 5 %. Нормы механических свойств для заготовок, перекованных из прутков диаметром или толщиной св. 120 до 250 мм на прутки диаметром или толщиной от 90 до 100 мм, должны соответствовать указанным в табл. 14.9. 2. Ударную вязкость определяют по требованию потребителя на термически обработанных (закалка + отпуск) образцах типа I. 3. Для стали марок 25—60 допускается снижение временного сопротивления на величину около 20 МПа (2 кгс/мм<sup>2</sup>) по сравнению с нормами, указанными в табл. 14.9, при одновременном повышении норм относительного удлинения на 2 %. 4. По соглашению сторон относительное сужение может не определяться.

**Таблица 14.10. Примеры применения углеродистой качественной конструкционной стали**

Марка стали по ГОСТ 1050—74*	Примеры применения
05кп	Детали, штампуемые в холодном состоянии из прутков и тонких листов с глубокой вытяжкой
08кп; 08; 10кп; 10	Детали с высокой пластичностью: трубки, прокладки, колпачки, шайбы. В химическом машиностроении — патрубки, обечайки, испарители, конденсаторы, обечайки из труб холодильной аппаратуры, змеевики и другие детали, работающие при температуре от —40 до +425 °С. Цементируемые и цианируемые детали, не требующие высокой прочности сердцевины: втулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колеса, фрикционные диски
15кп; 15; 20кп; 20; 25	То же, что и в предыдущем случае, и элементы трубных соединений, коллекторы, трубы и днища маслоотделительной системы, работающие при тех же температурах. Те же цементируемые и цианируемые детали, а также кулачковые валики, рычаги, вкладыши, болты, валики масляных насосов
30; 35	То же, что и в предыдущем случае, при повышенных напряжениях и достаточной вязкости: втулки, цилиндры, маховики, балансиры. Мелкие детали (сталь 35) типа крепежных могут закаливаться. После жидкостной цементации — соединительные муфты, диски, шпиндели, оси, серьги
40; 45	Детали, требующие более высокой прочности при средней вязкости: оси, валы коленчатые и распределительные, кронштейны, штоки, зубчатые колеса, болты, гайки, шайбы, шпонки — после улучшения. Детали, требующие повышенной износостойкости при умеренной прочности сердцевины, работающие без ударных нагрузок — после закалки и отпуска. Детали с повышенной твердостью поверхности и малой деформацией — после поверхностного упрочнения
50; 55	Детали высокой прочности: зубчатые колеса, штоки, валы коленчатые и распределительные, оси, прокатные валки, эксцентрики, неотчетственные пружины, муфты сцепления коробок передач — после нормализации с отпуском и закалки с отпуском
60	Эксцентрики, прокатные валки, бандажи, пружинные кольца, шайбы дисков сцепления, регулировочные прокладки; детали, от которых требуются высокая прочность и износостойкость

Примечание. По видам обработки сталь делится на горячекатаную и кованую, калиброванную, круглую со специальной отделкой. По состоянию материала различается сталь без термической обработки, термически обработанная — Т; нагартованная — Н (для калиброванной стали и серебрянки). В зависимости от назначения горячекатаная и кованая сталь делится на подгруппы: а — для горячей обработки давлением; б — для холодной механической обработки по всей поверхности; в — для холодного волочения (подкат).  
Условные обозначения аналогичны приведенным на стр. 333.



Таблица 14.11. Твердость легированной конструкционной стали по ГОСТ 4543—71\*

Марка стали	НВ, не более		Марка стали	НВ, не более		Марка стали	НВ, не более	
	МПа	кгс/мм <sup>2</sup>		МПа	кгс/мм <sup>2</sup>		МПа	кгс/мм <sup>2</sup>
<i>Отожженная или высокоотпущенная сталь *</i>								
15X; 15XA; 20X	1756	179	33XC	2364	241	45XH; 50XH;	2031	207
30X	1834	187	38XC; 40XC	2502	255	12XH2	**	**
30XPA	2364	241	15XH2TA	2639	269	20XHP	2129	217
35X	1933	197	20XHP	1933	197	20XH3A	2502	255
38XA	2031	207	20XHTP	**	**	12X2H4A;	2639	269
40X	2129	217	20XHTP	2246	229	20X2H4A	2364	241
45X; 50X	2246	229	83XGH			30XH3A		
			14X2H3MA	2639	269	20XGCA	2031	207
			20XH2M	2246	229	25XGCA	2129	217
			30XH2MA	2364	241	30XGCA	2246	229
			38X2H2MA;	2639	269	30XGCAH2A	2502	255
			40XH2MA;	2502	255	35XGCA	2364	241
			38XH3MA;			30XH2MФА		
15Г	1600	163	40X2H2MA;			36X2H2MФА	2639	269
20Г	1756	179	18X2H4MA;			38XH3MФА		
25Г; 30Г	1933	197	25X2H4MA			45XH2MФА		
35Г; 40Г	2031	207				20XH4ФА		
45Г; 50Г	2246	229				38X2Ю;	2217	229
10Г2	1933	197				38X2MЮA		
30Г2; 35Г2	2031	207	15XM; 20XM	1756	179	<i>Нагартованная</i>		
40Г2	2129	217	30XM; 30XMA	2246	229	<i>сталь ***</i>		
45Г2; 50Г2	2246	229	35XM; 38XM	2364	241	15X; 15XA	2129	217
			30X3MФ	2246	229	20X	2246	229
			40XMФА	2639	269	30X	2364	241
						35X	2502	255
18XГ	1834	187	15XФ	1834	187	15Г	2031	207
18XГТ	2129	217	40XФА	2364	241	18XГТ	2246	229
20XГР	1933	197				15XФ	2129	217
						38X2MЮA	2502	25
27XГР; 25XГТ	2129	217	15H2M	1933	197			
30XГТ;	2246	229	20H2M	**	**			
40XГТР								
35XГФ	2031	207						
25XГМ	**	**						

Примечания: 1. Нормы твердости для отожженной, высокоотпущенной, а также нагартованной стали распространяются на сталь диаметром или толщиной св. 5 мм. 2. Горячекатаная и ковкая сталь поставляется в термически обработанном состоянии (отожженная, высокоотпущенная или нормализованная с высоким отпуском) и без термической обработки. Сталь калиброванная и серебрянка поставляются в нагартованном или термически обработанном состоянии (отожженная, отпущенная нормализованная, закаленная и отпущенная).

\* Твердость НВ калиброванной стали в высокоотпущенном состоянии, а также горячекатаной нормализованной с последующим высоким отпуском может быть на 15-9,81 МПа (15 кгс/мм<sup>2</sup>) больше.

\*\* По соглашению сторон.

\*\*\* Твердость нагартованной стали других марок должна быть не более 269 НВ.

Таблица 14.12. Механические свойства сортовой легированной конструкционной термически обработанной \* (закалка и отпуск) стали по ГОСТ 4543—71\*

Марка стали	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	Ударная вязкость	
					кДж/м <sup>2</sup>	кгс·м/см <sup>2</sup>
	Не менее					
15X; 15XA	687	490	12	45	687	7
20X	784	637	11	40	588	6
30X	883	687	12	45	687	7
30XPA	1569	1275	9	40	490	5
35X	912	736	11	45	687	7
38XA	932	784	12	50	883	9
40X	981	784	10	45	588	6
45X	1030	833	9	45	490	5
50X	1079	883	9	40	392	4
15Г	412	245	26	55	—	—
20Г	451	275	24	50	—	—
25Г	490	294	22	50	883	9
30Г	539	315	20	45	784	8
35Г	559	334	18	45	687	7
40Г	588	353	17	45	588	6
45Г	618	373	15	40	490	5
50Г	647	392	13	40	392	4
10Г2	422	245	22	50	—	—
30Г2	588	344	15	45	—	—
35Г2	618	363	13	40	—	—
40Г2	657	382	12	40	—	—
45Г2	687	402	11	40	—	—
50Г2	736	422	11	35	—	—
18XГ	883	736	10	40	—	—
18XГТ	981	883	9	50	784	8
20XГР	981	784	9	50	784	8
27XГР	1373	1176	8	45	588	6
25XГТ	1275	981	9	45	588	6
30XГТ	1471	1275	9	40	588	6
40XГТР	981	784	11	45	784	8
35XГФ	912	784	14	55	784	8
25XГМ	1176	1079	10	45	784	8
33XC	883	687	13	50	784	8
38XC	932	736	12	50	687	7
40XC	1226	1079	12	40	344	3,5**
15XM	441	275	21	55	1176	12
20XM	784	588	12	50	883	9
30XM	932	736	11	45	784	8
30XMA	932	736	12	50	883	9
35XM	932	833	12	45	784	8
38XM	981	883	11	45	687	7
30X3MФ	981	833	12	55	981	10
40XMФА	1030	932	13	50	883	9

Продолжение табл. 14.1

Марка стали	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	Ударная вязкость	
	МПа				кДж/м <sup>2</sup>	кгс·м/см <sup>2</sup>
	Не менее					
15ХФ	736	539	13	50	784	8
40ХФА	883	736	10	50	883	9
15Н2М	833	637	11	50	784	8
20Н2М	883	687	10	50	784	8
20ХН	784	588	14	50	784	8
40ХН	981	784	11	45	687	7
45ХН	1030	833	10	45	687	7
50ХН	1079	883	9	40	490	5
20ХНР	1176	981	10	50	883	9
12ХН2	784	588	12	50	883	9
12ХН3А	932	687	11	55	883	9
20ХН3А	932	736	12	55	1079	11
12Х2Н4А	1128	932	10	50	883	9
20Х2Н4А	1275	1079	9	45	784	8
30ХН3А	981	784	10	50	784	8
20ХГСА	784	637	12	45	687	7
25ХГСА	1079	833	10	40	588	6
30ХГС	1079	833	10	45	441	4,5
30ХГСА	1079	833	10	45	490	5
35ХГСА	1618	1275	9	40	392	4
30ХГСН2А	1618	1373	9	45	588	6
15ХГН2ТА	932	736	11	55	981	10
20ХГНР	1275	1079	10	50	883	9
20ХГНТР	1176	981	9	50	784	8
38ХГН	784	687	12	45	981	10
14Х2Н3МА	981	883	10	45	784	8
20ХН2М	883	687	11	50	784	8
30ХН2МА	981	784	10	45	784	8
38Х2Н2МА	1079	932	12	50	784	8
40ХН2МА	1079	932	12	50	784	8
40Х2Н2МА	1079	932	10	45	784	8
38ХН3МА	1079	981	12	50	784	8
18Х2Н4МА	1128	833	12	50	981	10
25Х2Н4МА	1079	932	11	45	883	9
30ХН2МФА	883	784	10	40	883	9
36Х2Н2МФА	1176	1079	12	50	784	8
38ХН3МФА	1176	1079	12	50	784	8
45ХН2МФА	1422	1275	7	35	392	4
20ХН4ФА	883	687	12	50	981	10
38Х2Ю	883	736	10	45	784	8
38Х2МЮА	981	833	14	50	883	9

Примечание. Легированная конструкционная сталь применяется в термически обработанном состоянии

\* Режим термической обработки см. в ГОСТ 4543—71\*

\*\* При изотермической закалке ударная вязкость 490 кДж/м<sup>2</sup> (5 кгс·м/см<sup>2</sup>).

Таблица 14.13. Примеры применения некоторых марок легированной конструкционной стали

Марка стали по ГОСТ 4543—71*	Характеристика стали	Примеры применения
15Х; 20Х	Цементируемые стали с повышенной прочностью по сравнению с аналогичными углеродистыми сталями. По сравнению с хромоникелевыми цементируемыми сталями имеют несколько пониженную вязкость и примерно одинаковую прочность сердцевины	Детали (преимущественно не-крупные), подвергаемые цементации и закалке и работающие на износ при трении: втулки, пальцы, зубчатые колеса, толкатели, валики и т. п.
30Х	Термически обрабатываемая (улучшенная) сталь с повышенной прочностью	Различные некрупные детали, подвергаемые закалке и отпуску, которые должны обладать увеличенной прочностью по сравнению с деталями из углеродистой стали: оси, валики, рычаги, болты, гайки и т. п.
35Х; 38ХА; 40Х	Стали с высокими прочностью и вязкостью	Различные нагруженные детали, подвергающиеся закалке и отпуску: валы, оси, коленчатые валы, пальцы, рычаги, зубчатые колеса, ответственные болты, шпильки и т. п.
45Х; 50Х	Стали с высокой прочностью. Применяются после закалки и отпуска	Детали, подвергающиеся истиранию без значительных ударных нагрузок: валы, оси, крупные зубчатые колеса и т. п.
15Г; 20Г; 25Г	По сравнению со сталью марок 10 и 15 обладают немного большими прочностью и прокаливаемостью	Цементируемые и цианируемые детали: кулачковые валы, зубчатые колеса, шарниры муфт, пальцы, тяги
30Г	Сталь высокой твердости	Детали, подвергающиеся истиранию: оси, валы, зубчатые колеса, вилки, рычаги сцепления, болты, гайки, винты
40Г; 45Г; 50Г	То же	Детали, подвергающиеся истиранию при действии высоких нагрузок: диски трения, шлицевые, карданные, распределительные и коленчатые валы, полуоси, анкерные болты, шпильки
15ХФ	Цементируемая сталь с повышенными прочностью и вязкостью. Цементированный слой более износостоек, а сердцевина более вязкая, чем в аналогичных хромистых сталях	В связи с небольшой прокаливаемостью применяется для некрупных деталей, подвергаемых цементации: зубчатых колес, поршневых пальцев, распределительных валиков и т. п.
40ХФА	Высокопрочная сталь с небольшой прокаливаемостью. Применяется после закалки и отпуска	Ответственные детали

Марка стали по ГОСТ 4543—71*	Характеристика стали	Примеры применения
30ХМ; 35ХМ	Стали с высокой прочностью и вязкостью. Применяются после закалки и отпуска	Детали, работающие при высокой температуре: валы, турбинные роторы и диски, крепежные детали и т. п.
33ХС; 40ХС	Стали с высокой прочностью, но с умеренной вязкостью. Применяются, как правило, после закалки и высокого отпуска	В связи с небольшой прокаливаемостью применяются главным образом для небольших деталей
20ХГСА	Улучшаемая сталь с повышенной прочностью при умеренной вязкости	Сварные конструкции
25ХГСА; 35ХГСА	Стали с весьма высокой прочностью	Крупные и мелкие детали, подвергаемые закалке и отпуску: рычаги, валики, оси, сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках
20ХН	Сталь с повышенными прочностью и вязкостью. Применяется как после цементации с последующей термической обработкой, так и без цементации после закалки и отпуска	Зубчатые колеса, поршневые пальцы, валики, шпонки, крепежные детали и т. д.
40ХН; 45ХН; 50ХН	Стали с высокой прочностью, повышенной вязкостью и хорошей прокаливаемостью	Крупные ответственные детали: коленчатые валы, шатуны, зубчатые колеса, болты, роторные части, цилиндры низкого давления и т. п.
12ХН2	Сталь с повышенными прочностью, вязкостью и прокаливаемостью	Крупные детали, подвергаемые цементации и последующей термической обработке: зубчатые колеса, шлицевые и другие валы, поршневые пальцы крупных машин
12ХН3А; 20ХН3А	Стали с высокими прочностью, вязкостью и прокаливаемостью	Крупные ответственные детали. Изделия из стали 12ХН3А подвергаются цементации с последующей термической обработкой, иногда эта сталь применяется для нецементируемых деталей. Сталь 20ХН3А применяется для деталей, подвергаемых закалке и отпуску
30ХН3А	То же	Мелкие и крупные ответственные детали, подвергаемые закалке и высокому отпуску: валы, червяки, цилиндры и т. п.
12Х2Н4А; 20Х2Н4А	»	Крупные ответственные детали, подвергаемые цементации с последующей термической обработкой
40ХН2МА	Сталь с высокими прочностью и вязкостью	Ответственные детали, подвергаемые закалке и отпуску: коленчатые валы, муфты, оси и т. п.

Марка стали по ГОСТ 4543—71*	Характеристика стали	Примеры применения
38Х2МЮА	Сталь с повышенными прочностью и вязкостью	Азотируемые детали, работающие в условиях трения, и детали точного машино- и приборостроения, для которых не допускается деформация при термической обработке

В зависимости от требований к испытанию механических свойств сталь поставляется по категориям: 1 (без испытания на растяжение и ударную вязкость); 2 (испытания на растяжение и ударную вязкость — нормализованные образцы размером 1 25 мм); 3 (испытания на растяжение — нормализованные образцы размером 100 мм); 4 (испытания на растяжение и ударную вязкость — образцы закаленные и отпущенные размером не более 100 мм); 5 (испытания на растяжение — образцы нагартованные, отожженные или высокоотпущенные).

Сталь легированная конструкционная (табл. 14.11—14.13). Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71) в зависимости от химического состава и свойств делится на категории: качественная; высококачественная — А; особовысококачественная — Ш.

В зависимости от основных легирующих элементов сталь делится на группы: хромистая, марганцовистая, хромомарганцевая, хромокремнистая, хромомолибденовая и хромомолибденованадиевая, хромованадиевая, никелемолибденовая, хромоникелевая и хромоникелевая с бором, хромокремнемарганцевая и хромокремнемарганцевоникелевая, хромомарганцевоникелевая и хромомарганцевоникелевая с титаном и бором, хромоникелемолибденовая, хромоникелемолибденованадиевая и хромоникелеванадиевая, хромоалюминиевая и хромоалюминиевая с молибденом.

По видам обработки сталь делится на горячекатаную и кованую (в том числе с обточенной или ободранной поверхностью), калиброванную, круглую со специальной отделкой поверхности (серебрянка).

В зависимости от назначения горячекатаная и кованая сталь делится на подгруппы: а — для горячей обработки давлением и холодного волочения (подкат); б — для холодной механической обработки (обточки, строгания, фрезерования и др.) по всей поверхности.

Примеры условных обозначений:

1) сталь горячекатаная обычной точности прокатки (В), со стороной квадрата 46 мм, особовысококачественная марки 18ХГТ—Ш, для горячей обработки давлением (подгруппа а), термически обработанная (Т):

$$\text{Квадрат } \frac{В-46 \text{ ГОСТ } 2591-71}{18ХГТ-Ш-а-Т \text{ ГОСТ } 4543-71};$$

2) то же, полосовая, толщиной 20 мм, шириной 75 мм, качественная марки 20ХНМ, для холодной механической обработки (подгруппа б), без термической обработки:

$$\text{Полоса } \frac{20 \times 75 \text{ ГОСТ } 103-76}{20 \text{ ХНМ}-6 \text{ ГОСТ } 4543-71};$$

3) сталь калиброванная, диаметром 15 мм, класса точности 4, высококачественная марки 40ХНМА, поставляемая в нагартованном состоянии (Н), с контролем механических свойств (М), качества поверхности Б по ГОСТ 1051—73:

$$\text{Круг } \frac{15-4 \text{ ГОСТ } 7417-75}{40ХНМА-Н-М-Б \text{ ГОСТ } 4543-71}.$$

\* Диаметр или сторона квадрата.



В обозначении марок (табл. 14.11—14.13) первые две цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буквы за цифрами означают: Р — бор, Ю — алюминий, С — кремний, Т — титан, Ф — ванадий, Х — хром, Г — марганец, Н — никель, М — молибден, В — вольфрам. Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает, что в марке содержится до 1,5 % этого легирующего элемента. Буква А в конце марки означает высококачественную сталь. Особовысококачественная сталь обозначается буквой Ш через тире в конце марки, например: качественная — 30ХГС; высококачественная — 30ХГСА; особовысококачественная — 30ХГСА—Ш.

**Сталь рессорно-пружинная углеродистая и легированная (табл. 14.14).** По способу обработки сталь подразделяют на горячекатаную и кованую, калиброванную, круглую со специальной отделкой поверхности, горячекатаную круглую с обточенной или шлифованной поверхностью; по химическому составу — на качественную и высококачественную (А). По нормируемым характеристикам и применению сталь делится на категории: 1; 1А; 1Б; 2; 2А; 2Б; 3; 3А; 3Б; 3В; 3Г; 4; 4А; 4Б.

**Таблица 14.14. Механические свойства рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали по ГОСТ 14959—79**

Марка стали	НВ в состоянии поставки, не более				Механические свойства			
	Без термообработки		После отжига или высокого отпуска		$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$
	МПа	кгс/мм <sup>2</sup>	МПа	кгс/мм <sup>2</sup>				
65	2502	255	2246	229	785	981	10	35
70	2639	269	2246	229	834	1030	9	30
75	2796	285	2364	241	883	1079	9	30
80	2963	302	2639	269	932	1079	8	30
85	2963	302	2639	269	981	1128	8	30
60Г; 65Г	2796	285	2364	241	785	981	8	30
70Г	2796	285	2364	241	834	1030	7	25
55С2; 55С2А	2796	285	2364	241	1177	1275	6	30
60С2	2963	302	2639	269	1177	1275	6	25
70С3А	2963	302	2639	269	1471	1668	6	25
60С2Г	3149	321	2639	269	1324	1471	6	25
50ХГ; 50ХГА; 50ХГР	2963	302	2639	269	1177	1275	7	35
60С2А	2963	302	2639	269	1373	1570	6	20
50ХФА	2963	302	2639	269	1079	1275	8	35
50ХГФА	3149	321	2796	285	1324	1422	6	35
55С2ГФ	2963	302	2639	269	1373	1570	6	25
60С2ХА	3149	321	2796	285	1324	1471	6	25
60С2ХФА	3149	321	2796	285	1471	1668	6	25
65С2ВА	3149	321	2796	285	1666	1862	5	20
60С2Н2А	2963	302	2639	269	1324	1471	8	30

Примечания: 1. Сталь поставляется в термически обработанном состоянии (отожженной или высокоотпущенной) и без термической обработки. 2. Сортамент стали см. в ГОСТ 7419.0—78 — ГОСТ 7419.8—78. 3. Рекомендуемый режим термической обработки (закалка и отпуск) см. в ГОСТ 14959—79.

В зависимости от назначения горячекатаная и кованая сталь категорий 1; 1А; 1Б; 4; 4А; 4Б делится на подгруппы: а — для горячей обработки; б — для холодной механической обработки (обточки, строгания, фрезерования); в — для холодного волочения (подкат).

Примеры условных обозначений:

1) сталь горячекатаная, круглая, диаметром 100 мм, обычной точности прокатки (В) по ГОСТ 2590—71, марки 65Г, для горячей обработки (подгруппы а), категории 4А:

$$\text{Круг } \frac{100 - В \text{ ГОСТ } 2590 - 71}{65Г - а - 4А \text{ ГОСТ } 14959 - 79}$$

2) сталь горячекатаная, квадратная, со стороной квадрата 30 мм, обычной точности прокатки (В), по ГОСТ 7419.1—78, марки 50ХФА, категории 3А:

$$\text{Квадрат } \frac{30 - В \text{ ГОСТ } 7419.1 - 78}{50ХФА - 3А \text{ ГОСТ } 14959 - 79}$$

3) сталь горячекатаная, полосовая по ГОСТ 7419.4—78, толщиной 5 мм, шириной 50 мм, марки 60С2А, категории 3Б:

$$\text{Полоса } \frac{5 \times 50 \text{ ГОСТ } 7419.4 - 78}{60С2А - 3Б \text{ ГОСТ } 14959 - 79}$$

4) сталь калиброванная, круглая, диаметром 15 мм, класса точности 4 по ГОСТ 7417—75, марки 50ХФА, термически обработанная, категории 3А, качества поверхности группы В по ГОСТ 1051—73:

$$\text{Круг } \frac{15 - 4 \text{ ГОСТ } 7417 - 75}{50ХФА - 3А - В \text{ ГОСТ } 14959 - 79}$$

5) сталь со специальной отделкой поверхности, диаметром 20 мм, класса точности 3а по ГОСТ 14959—79, марки 80, термически обработанная, категории 3А, группы отделки поверхности В:

$$\text{Круг } \frac{20 - 3а - В \text{ ГОСТ } 14955 - 77}{80 - 3А \text{ ГОСТ } 14959 - 79}$$

Назначение стали в зависимости от категорий: 2; 2А; 2Б; 3; 3А; 3Б; 3В; 3Г — для изготовления упругих элементов (рессор, пружин, торсионных валов и т. п.); 3А; 3Б; 3В; 3Г — для изготовления автомобильных рессор и пружин; 1; 1А; 1Б; 4; 4А; 4Б — для использования в качестве конструкционной.

**Стали и сплавы высоколегированные.** Высоколегированные деформируемые стали и сплавы на железной, железно-никелевой и никелевой основах по ГОСТ 5632—72\* предназначены для работы в коррозионно-активных средах и при высоких температурах. К этим сталям условно отнесены сплавы, содержание железа в которых более 45 %, а суммарное содержание легирующих элементов не менее 10 %.

В зависимости от основных свойств стали и сплавы подразделяют на группы: I — коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;

II — жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах выше 550 °С, работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии;

III — жаропрочные стали и сплавы, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Химический состав, механические свойства и назначение высоколегированных сталей приведены в ГОСТ 5632—72\*, а сортамент — в ГОСТ 5582—75, ГОСТ 5949—75, ГОСТ 7350—77, ГОСТ 20072—74 и др.

**Сталь инструментальная углеродистая.** Сталь инструментальная углеродистая (ГОСТ 1435—74) изготавливается следующих марок: У7; У7А; У8; У8А; У9; У9А; У10; У10А; У11; У11А; У12; У12А; У13; У13А; У8Г; У8ГА.

Марки с буквой А относятся к группе высококачественной стали, более чистой по содержанию S и P и неметаллических включений, а также с более суженными пределами содержания C, Si и Mn.



В обозначении марки буква У означает углеродистую сталь, цифры — среднее массовое содержание С в десятых долях процента, буква Г — повышенное содержание Мп.

Твердость стали приведена в табл. 14.15.

**Т а б л и ц а 14.15. Твердость инструментальной углеродистой горячекатаной, ковальной и калиброванной сортовой стали по ГОСТ 1435—74\***

Марка стали	НВ после отжига, не более		Твердость по Роквеллу после закалки, не менее	
	МПа	кгс/мм <sup>2</sup>	HRC	HRC <sub>3</sub>
У7; У7А; У8; У8А; У8Г; У8ГА	1834	187	62	63
У9; У9А	1883	192		
У10; У10А	1933	197		
У11; У11А; У12; У12А	2031	207		
У13; У13А	2129	217		

Примечания: 1. Режим закалки приведен в ГОСТ 1435—74\*. 2. Сталь поставляется в отожженном состоянии.

Сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием (автоматная). Сталь изготавливается по ГОСТ 1414—75 и применяется для обработки на станках-автоматах и полуавтоматах и для обработки давлением в горячем состоянии с дальнейшей обработкой резанием.

Повышенное содержание S и P обеспечивает необходимое стружкообразование при работе на станках.

В зависимости от химического состава сталь разделяют на шесть групп: углеродистую сернистую, углеродистую свинецсодержащую и др.

**Т а б л и ц а 14.16. Механические свойства горячекатаной без термообработки и калиброванной нагартованной автоматной конструкционной сернистой стали по ГОСТ 1414—75**

Марка стали	Размер поперечного сечения, мм	Горячекатаная					Калиброванная			
		$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	НВ, не более		$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	НВ, не более	
					МПа	кгс/мм <sup>2</sup>			МПа	кгс/мм <sup>2</sup>
А11	5—60	420	22	34	1570	160	500	10	2030	207
А12	5—30 30—60	420 —	22 —	34 —	1570 —	160 —	520 470	7	2129	217
А20	5—60	460	20	30	1648	168	540	7	2129	217
А30	—	520	15	25	1815	185	550	6	2188	223
А35	—	520	15	23	1972	201	580	6	2246	229
А40Г	5—60 *	600	14	20	2030	207	600 *	17 *	2227 *	227 *

\* Калиброванная высокоотпущенная (отожженная) сталь.

Механические свойства углеродистой сернистой стали разных марок приведены в табл. 14.16. Буква А в обозначении этих марок — автоматная сталь, цифры — среднее массовое содержание С в сотых долях процента, буква Г — повышенное содержание Мп.

### 14.3. Алюминиевые сплавы

Алюминиевые сплавы в соответствии с основными компонентами (основой) получили названия: силумины (алюминий — кремний), дюралюмины (алюминий — медь — марганец), магналии (алюминий — марганец). В зависимости от назначения они подразделяются на литейные и деформируемые (до 80 % от всех сплавов).

Сплавы алюминиевые литейные (ГОСТ 2685—75\*) применяют для фасонных отливок. Выпускается 37 марок, подразделенных на пять групп в зависимости от основы.

В табл. 14.17 приведены технологические свойства и назначение некоторых марок литейных алюминиевых сплавов.

Сплавы алюминиевые деформируемые по ГОСТ 4784—74 (СТ СЭВ 730—77, СТ СЭВ 996—78) предназначены для изготовления листов, лент, полос, плит, профилей, панелей, прутков, труб, проволоки, штамповок и поковок методом горячей или холодной деформации и выпускаются следующих марок: АД0; АД1; АД; ММ; АМц; АМцС; Д12; АМг1; АМг2; АМг3; АМг4; АМг5; АМг6; АД31; АД33; АД35; АВ; Д1; Д16; Д18; В65; АК4; АК4-1; АК6; АК8; В95; 1915; 1925 (табл. 14.18, 14.19).

### 14.4. Магниеые сплавы

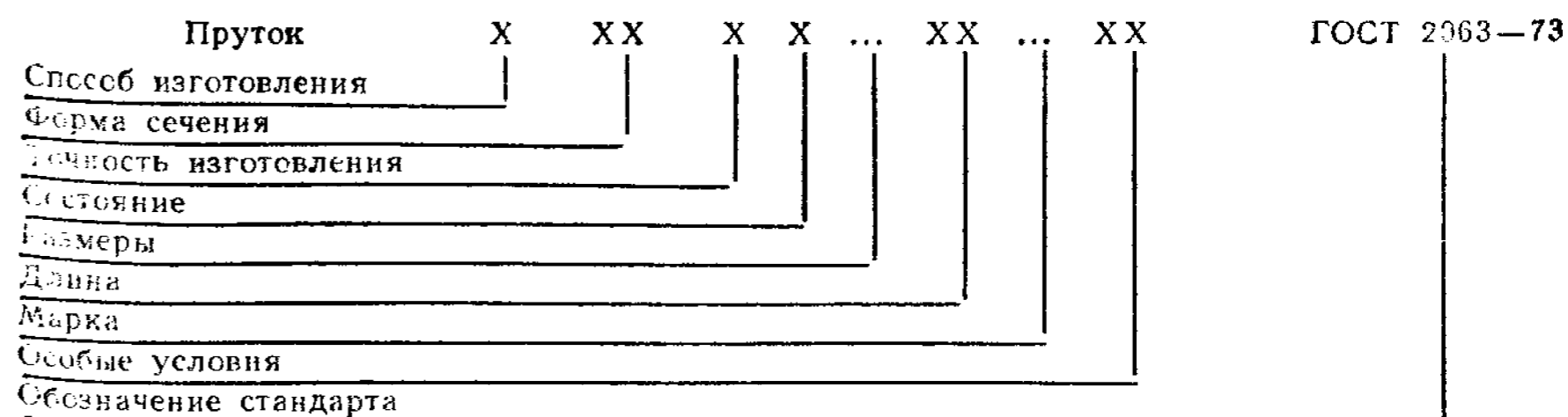
Для магниевых литейных сплавов ГОСТ 2856—79 в зависимости от химического состава устанавливает следующие марки: МЛ3; МЛ4; МЛ4пч; МЛ5; МЛ5пч; МЛ5он; МЛ6; МЛ8; МЛ9; МЛ10; МЛ11; МЛ12; МЛ15 и МЛ19. Буквы пч и он означают: пч — повышенной чистоты, он — общего назначения. Механические свойства сплавов приведены в табл. 14.20.

### 14.5. Латунь

Латуни — сплавы меди с цинком. По технологическому признаку латуни подразделяются на литейные (табл. 14.21) и обрабатываемые давлением.

Механические свойства латунных прутков приведены в табл. 14.22. При условном обозначении прутков приняты следующие сокращения: холоднодеформированный (тянутый) — Д; горячедеформированный (прессованный); — Г; круглого сечения — КР; квадратного сечения — КВ; шестигранного сечения — ШГ; нормальной точности изготовления — Н; повышенной точности изготовления — П; высокой точности изготовления — В; мягкое состояние — М; полутвердое состояние — П; твердое состояние — Т; немерная длина — НД; кратная длина — КД; антимагнитный — АМ; автоматный — АВ.

Условное обозначение прутков проставляется по схеме:



Вместо отсутствующего показателя ставится знак X (кроме обозначения длины и особых условий).

Т а б л и ц а 14.17. Основные технологические свойства и примерное назначение некоторых алюминиевых литейных сплавов

Марка сплава по ГОСТ 2685—75*	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Коррозионная стойкость	Рабочая температура, °С, не более	Примеры применения
АЛ1	Хорошая		Пониженная	300	Поршни и малоребристые головки цилиндров двигателей
АЛ2	Пониженная	Хорошая		200	Тонкостенное литье
АЛ3	Удовлетворительная			275	Детали малой и средней нагруженности (корпуса и арматура приборов)
АЛ4	Пониженная	Хорошая		200	Крупные и средние сложные по конфигурации высоконагруженные детали ответственного назначения
АЛ5	Удовлетворительная			250	Средненагруженные корпусные детали, головки цилиндров поршневых двигателей
АЛ6				225	Детали карбюраторов и арматура двигателей
АЛ7	Хорошая	Пониженная		225	Небольшие несложной формы детали, работающие при средних нагрузках
АЛ8	Хорошая	Удовлетворительная	Отличная	80	Высоконагруженные детали, а также детали, воспринимающие повышенные вибрационные нагрузки
АЛ9	Удовлетворительная	Хорошая		200	Средненагруженные детали сложной конфигурации
АЛ10В		Удовлетворительная	Пониженная	250	Различные машиностроительные детали. Не рекомендуется для поршней
АЛ19	Хорошая			300	Детали сравнительно простой формы, работающие в условиях повышенных статических и ударных нагрузок
АЛ20	Хорошая	Удовлетворительная	Удовлетворительная	275	Различные детали
АЛ21			Пониженная	325	Крупногабаритные детали

Т а б л и ц а 14.18. Области применения некоторых марок алюминиевых сплавов, обрабатываемых давлением

Марка сплава	Область применения
АД; АД1	Ненагружаемые элементы конструкций и детали, требующие применения материала с высокими пластическими свойствами и высокой тепло- и электропроводностью: трубопроводы, электропровода, корпуса часов, палубные надстройки, заклепки для средненагруженных конструкций из магниевых сплавов
АМц	Изделия, изготавливаемые глубокой вытяжкой, гибкой: трубопроводы, емкости для жидкостей и другие малонагруженные изделия, проволока для заклепок
АМг2	Трубопроводы, емкости для жидкостей и другие средне- и малонагруженные детали, электропровода, корпуса часов, палубные надстройки
АМг3	Сварные малонагруженные детали и конструкции, трубопроводы, емкости для жидкостей и другие средненагруженные детали и изделия
АМг5; АМг6	Трубопроводы, емкости для жидкостей и другие средненагруженные детали и изделия
АД31; АД33	Клееные и клепаные конструкции сложной формы, а также конструкции, где требуется повышенный предел текучести, прессованные изделия сложной формы (полые профили)
АВ	Детали и элементы средненагруженных конструкций, изготовление которых требует высокой пластичности в холодном и горячем состояниях
Д1	Детали и элементы конструкций средней прочности
Д16	Конструкции средней и повышенной прочности, требующие повышенной долговечности при переменных нагрузках; фермы, высоконагруженные детали и элементы конструкций, за исключением штамповок и поковок. Для высоконагруженных деталей заменяется сплавом В95. При температуре выше 250 °С не применяется
В65	Заклепки из алюминиевых сплавов для нагруженных конструкций, работающих при температурах не выше 100 °С. Заклепки можно ставить в любое время после закалки и старения, что выгодно отличает сплав В65 от сплавов Д1 и Д16, которые он заменяет
АК4; АК4-1	Лопатки компрессоров, крыльчатки, диски и кольца турбореактивных и турбовинтовых двигателей и другие кованые детали, работающие при повышенных температурах
АК6	Штампованные и кованые детали сложной формы и средней прочности (крыльчатки, подmotorные рамы, фитинги, крепежные детали)
АК8	Высоконагруженные штампованные детали, подmotorные рамы, стыковые узлы, пояса лонжеронов. Горячая обработка давлением затруднена
В95	Нагруженные конструкции, работающие длительное время при температурах не выше 120 °С: обшивки, стрингеры, шпангоуты, лонжероны самолетов, силовые каркасы клепаных строительных сооружений

Т а б л и ц а 14.19. Механические свойства прессованных прутков из алюминия и алюминиевых сплавов по ГОСТ 21488—76\*

Марка алюминия и алюминиевого сплава	Состояние поставки прутков	Состояние испытываемых образцов	Диаметр прутка, мм	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %
				Не менее		
АДО; АД1	Без термической обработки	В состоянии поставки	От 5 до 300	59	—	25
АД31	Закаленные и естественно состаренные Закаленные и искусственно состаренные		От 5 до 100	137 196	69 147	13 8
АВ	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные Закаленные и искусственно состаренные	От 5 до 300	177	—	14
				294	—	12
	Закаленные и естественно состаренные Закаленные и искусственно состаренные	В состоянии поставки	От 5 до 100	177	—	14
294	—			12		
Д1	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	От 5 до 130 Св. 130	373 353	216 196	12 10
	Закаленные и естественно состаренные	В состоянии поставки	От 5 до 100	373	216	12
Д16	Без термической обработки	Закаленные и естественно состаренные	От 5 до 22	392	275	10
			Св. 22 до 130	422	294	10
» 130 » 300			412	275	8	
» 300 » 400			392	245	6	
	Закаленные и естественно состаренные	В состоянии поставки	От 5 до 22	392	275	10
			Св. 22 » 100	422	294	10
В95	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	От 5 до 22	490	392	6
			Св. 22 до 130	530	422	6
			» 130 » 300	510	422	5
			» 300 » 400	490	392	4
	Закаленные и искусственно состаренные	В состоянии поставки	От 5 до 22 Св. 22 » 100	490 530	392 422	6 6

Продолжение табл. 14.19

Марка алюминия и алюминиевого сплава	Состояние поставки прутков	Состояние испытываемых образцов	Диаметр прутка, мм	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ , %
				Не менее		
АК4	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	От 5 до 300	353	—	8
	Закаленные и искусственно состаренные	В состоянии поставки	» 5 » 100	353	—	8
АК4-1	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	От 5 до 100 Св. 100 до 300	392 363	314 275	6 6
	Закаленные и искусственно состаренные	В состоянии поставки	От 5 до 100	392	314	6
АК6	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	От 5 до 300	353	—	12
	Закаленные и искусственно состаренные	В состоянии поставки	» 5 » 100	353	—	12
АК8	Без термической обработки	Закаленные и искусственно состаренные	От 5 до 150 Св. 150 » 300	451 432	—	10 8
	Закаленные и искусственно состаренные	В состоянии поставки	От 5 до 100	451	—	10
1915	Без термической обработки	Горячепрессованные с естественным старением в течение 30—35 суток	От 5 до 15	343	196	10
		Закаленные и естественно состаренные в течение 30—35 суток	» 5 » 300	343	216	10

Таблица 14.20. Механические свойства магниевых литейных сплавов по ГОСТ 2856—79

Марка сплава	Способ литья	Вид термической обработки	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta_5$ при $l = 5d$ , %
			Не менее		
МЛ3	З	—	157	—	6
МЛ4	З, О	—	157	—	3
		T4	216	—	5
МЛ4пч		T6	226	—	2
		T4	216	—	5
МЛ5	З, О, К	T6	226	—	2
		T2	147	—	2
	Д	T4	226	83,3	5
		T6	226	—	2
МЛ5пч	З, О, В, Г	—	147	—	2
		T2	147	—	2
		T4	226	83,3	5
		T6	226	—	2
МЛ5он	З, О, К	—	147	—	2
		T4	216	—	5
		T6	226	—	2
		—	147	—	1
МЛ6	З, К	T4	216	108,0	4
		T6	216	137,0	1
		T61	226	137,0	1
		T6	264	166,5	4
МЛ8		T61	275	176,5	4
		T6	226	108,0	4
МЛ9		T6	226	137,0	3
		T61	235	137,0	3
МЛ10	З, О, К, В, Г	—	117	—	1,5
		T2	117	—	1,5
МЛ11		T4	137	83,3	3,0
		T6	137	98,0	2,0
МЛ12		—	196	88,2	6
		T1	226	127,5	5
МЛ15	З, О, К, В, Г	T1	206	127,5	3
МЛ19	З, К	T6	216	118,0	3

Примечания: 1. Обозначения способа литья: З — литье в песчаные формы; К — литье в кокиль; О — литье в оболочковые формы; В — литье по выплавляемым формам; Г — литье в гипсовые формы; Д — литье под давлением. 2. Обозначения видов термической обработки: T1 — старение; T2 — отжиг; T4 — гомогенизация и закалка на воздухе; T6 — гомогенизация, закалка на воздухе и старение; T61 — гомогенизация, закалка в воду и старение.

Таблица 14.21. Марки, механические свойства и примерное назначение литейных латуней по ГОСТ 17711—80

Наименование сплава	Марка латуни		Способ литья	$\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение, %	НВ, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Примерное назначение
	по ГОСТ 17711—80	по ГОСТ 17711—72 и ГОСТ 15527—70					
Латунь свинцовая	ЛЦ40С	ЛС59-1Л	П; Ц	215	12	687 (70)	Для фасонного литья арматуры, втулок и сепараторов шариковых и роликовых подшипников
	ЛЦ40Сд	ЛС59-1ЛД	Д; К	215	20	784 (80)	
Латунь марганцевая	ЛЦ40Мц1,5	ЛМц58-2Л	П; Ц	196	6	687 (70)	Для литья под давлением деталей арматуры (втулки, тройники, переходники, сепараторы подшипников), работающих в среде воздуха и пресной воды
	ЛЦ40Мц3Ж	ЛМцЖ55-3-1	П; Ц	264	18	981 (100)	
Латунь марганцево-железная	ЛЦ40Мц3А	ЛМцА57-3-1	П; Ц	372	20	981 (100)	Для изготовления деталей простой конфигурации, работающих при ударных нагрузках, а также деталей узлов трения, работающих в условиях спокойной нагрузки при температурах не выше 60 °С
	ЛЦ38Мц2С2	ЛМцС58-2-2	П; Ц	392	20	1079 (110)	
Латунь марганцево-алюминиевая	ЛЦ40Мц3А	ЛМцА57-3-1	П; Ц	441	18	883 (90)	Для изготовления несложной конфигурации деталей ответственного назначения и арматуры морского судостроения, работающих при температуре до 300 °С
	ЛЦ38Мц2С2	ЛМцС58-2-2	П; Ц	490	10	981 (100)	
Латунь марганцево-свинцовая	ЛЦ40Мц3А	ЛМцА57-3-1	К; Ц	392	10	883 (90)	Для изготовления деталей несложной конфигурации
	ЛЦ38Мц2С2	ЛМцС58-2-2	П; К	441	15	1128 (115)	
Латунь марганцево-свинцовая	ЛЦ40Мц3А	ЛМцА57-3-1	П; К	245	15	784 (80)	Для изготовления конструктивных деталей и аппаратуры для судов, антифрикционных деталей несложной конфигурации (втулки, вкладыши, ползуны, арматура вагонных подшипников)
	ЛЦ38Мц2С2	ЛМцС58-2-2	П; К	343	10	834 (85)	



Наименование сплава	Марка латуни		Примерное назначение	σ <sub>в</sub> , МПа	Относительное удлинение, %	НВ, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )
	по ГОСТ 17711-80	по ГОСТ 17711-72 и ГОСТ 15527-70				
Латунь алюминиевая	ЛЦ30А3	ЛА67-2,5	Для изготовления коррозионно-стойких деталей, применяемых в судостроении и машиностроении Для изготовления штуцеров гидросистем автомобилей Для изготовления ответственных деталей, работающих при высоких удельных и знакопеременных нагрузках, при изгибе, а также антифрикционных деталей (нажимные винты, гайки нажимных винтов прокатных станков, венцы червячных колес, втулки и др.) Для изготовления сложных по конфигурации деталей приборов и аппаратуры, работающих при температуре до 250 °С и подвергающихся гидрораздушным испытаниям; деталей, работающих в среде морской воды, при условии обеспечения протекторной защиты (шестерни, детали узлов трения и др.)	294	12	784 (80)
	ЛЦ25С2	ЛВОС		392	15	883 (90)
	ЛЦ23А6ЖЗМц2	ЛАЖМц66-6-3-2		146	8	589 (60)
Латунь кремнистая	ЛЦ16К4	ЛК80-3Л		294	15	981 (100)
				343	15	1079 (110)

Примечания: П — литье в песчаные формы; К — литье в кокиль; Д — литье под давлением; Ц — центробежное литье.

Таблица 14.22. Марки латуни и механические свойства латунных прутков по ГОСТ 2060-73 (СТ СЭВ 1564-79)

Марка латуни	Способ изготовления прутков и состояние материала	Диаметр прутков, мм	σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	δ <sub>10</sub> , %	Твердость	
			Не менее			по Виккерсу HV <sub>20</sub>	по Бринеллю НВ, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )
Л63	Прессованные	10—160	290	33	30	80—120	—
	Тянутые мягкие	3—50	290	44	40	70—120	687 (70)
	Тянутые полутвердые	3—40	370	17	15	121—160	981 (100)
	Тянутые твердые	3—12	440	11	10	Не менее 161	1275 (130)
ЛС59-1	Прессованные	10—160	360	22	18	80—140	—
	Тянутые мягкие	3—50	330	25	22	70—140	785 (80)
	Тянутые полутвердые	От 3 до 12	410	10	8	141—170	981 (100)
		Св. 12 до 20	390	15	12	141—170	981 (100)
		Св. 20 до 40	390	18	15	141—170	981 (100)
	Тянутые твердые	3—12	490	7	5	Не менее 171	1275 (130)
ЛС63-3	Тянутые твердые	3—9,5	590	—	1		1520 (155)
		10—14	540	—	1		1403 (143)
	Тянутые полутвердые	15—20	490	—	1		1275 (130)
		10—20	350	—	12		932 (95)
ЛО62-1	Прессованные	10—160	360	—	20		—
	Тянутые полутвердые	3—50	390	—	15		981 (100)
ЛЖС58-1-1	Прессованные	10—160	290	—	20	Не регламентируется	—
	Тянутые полутвердые	3—50	440	—	10		1275 (130)
ЛМц58-2	Прессованные	10—160	390	—	25		—
	Тянутые полутвердые	3—12	440	—	20		1275 (130)
		Св. 12 до 50	410	—	20	1226 (125)	
ЛЖМц59-1-1	Прессованные	10—160	430	—	28	—	
	Тянутые полутвердые	3—12	490	—	15	1275 (130)	
		Св. 12 до 50	440	—	17	1275 (130)	
ЛАЖ60-1-1	Прессованные	10—160	440	—	18	—	

Примечания: 1. Площадь поперечного сечения и масса тянутых и прессованных прутков приведены в ГОСТ 2060-73. 2. В ГОСТ 2060-73 (СТ СЭВ 1564-79) временное сопротивление обозначено R<sub>m</sub> (σ<sub>B</sub>), относительное удлинение — A<sub>5</sub> (δ<sub>5</sub>) и A<sub>10</sub> (δ<sub>10</sub>).

Примеры условного обозначения:

1) пруток тянутый, шестигранный, нормальной точности изготовления, полутвердый, диаметром 25 мм, длиной 3000 мм, из латуни марки ЛО62-1:

*Пруток ДШГНП 25×3000 ЛО62-1 ГОСТ 2060—73;*

2) пруток тянутый, круглый, нормальной точности изготовления, твердый, диаметром 12 мм, немерной длины, из латуни марки ЛС63-3, предназначенный для обработки на станках-автоматах:

*Пруток ДКРНТ 12 НД ЛС63-3 АВ ГОСТ 2060—73;*

3) пруток прессованный, квадратный, нормальной точности изготовления, диаметром 24 мм, немерной длины, из латуни марки ЛЖС58-1-1:

*Пруток ГКВНХ 24 НД ЛЖС58-1-1 ГОСТ 2060—73;*

4) пруток тянутый, квадратный, повышенной точности изготовления, твердый, диаметром 12 мм, длиной, кратной 5000 мм, из латуни марки ЛС59-1, антимагнитный:

*Пруток ДКВПТ 12 КД 5000 ЛС59-1 АМ ГОСТ 2060—73.*

Листы и полосы латунные изготавливаются по ГОСТ 931—78 (СТ СЭВ 957—78) из латуни марок Л90; Л85; Л80; Л68; Л63; Л59-1; ЛМц58-2; ЛО62-1; ЛС59-1; ЛМц.

Трубы латунные изготавливаются по ГОСТ 494—76, а ленты общего назначения — по ГОСТ 2208—75 (СТ СЭВ 954—78).

### 14.6. Бронза

Бронзами называют сплавы меди (кроме латуней и медно-никелевых сплавов) с оловом (оловянные бронзы) и сплавы меди с алюминием, бериллием, кремнием, марганцем и другими компонентами, которые являются главными и в соответствии с которыми бронзы получают название. Так же как и латуни, бронзы подразделяют на литейные (табл. 14.23) и деформируемые (табл. 14.24).

Таблица 14.23. Механические свойства и область применения безоловянных литейных бронз по ГОСТ 493—79

Марка бронзы	Способ литья	$\sigma_{в\tau}$ , МПа	$\delta_{б\tau}$ , %	НВ, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Область применения
		Не менее			
БрА9Мц2Л БрА10Мц2Л	К; П	392 490	20 12	784 (80) 1078 (110)	Антифрикционные детали; детали арматуры, работающие в пресной воде, жидком топливе и паре при температуре до 250 °С
БрА9ЖЗЛ	К П	490 392	12 10	980 (100)	Арматура, антифрикционные детали
БрА10ЖЗМц2	К П	490 392	12 10	1176 (120) 980 (100)	

Марка бронзы	Способ литья	$\sigma_{в\tau}$ , МПа	$\delta_{б\tau}$ , %	НВ, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Область применения
		Не менее			
БрА10Ж4Н4Л	К П	587	6 5	1666 (170) 1568 (160)	Детали химической и пищевой промышленности, а также детали, работающие при повышенных температурах
БрА11Ж6Н6 БрА9Ж4Н4Мц1	К; П	587	2 12	2450 (250) 1568 (160)	Арматура, антифрикционные детали Арматура для морской воды
БрС30 БрСу3Н3Ц3С20Ф БрА7Мц15Ж3Н2Ц2	К К П	58,7 157 607	4 2 18	245 (25) 637 (65) —	Антифрикционные детали

Примечания: 1. Условные обозначения способа литья: К — литье в кокиль; П — литье в песчаную форму. 2. В марке БрА9Ж3Л при литье в кокиль допускается относительное удлинение не менее 6 %, если твердость НВ превышает 1568 МПа (160 кгс/мм<sup>2</sup>).

Таблица 14.24. Виды полуфабрикатов из безоловянных бронз, обрабатываемых давлением, по ГОСТ 18175—78 (СТ СЭВ 377—76 и СТ СЭВ 731—77)

Марка бронзы	Листы	Полосы	Ленты	Прутки	Профили	Грубы	Проволока	Покówki
БрА5	×	×	×	×		×	×	
БрА7	×	×	×	×		×	×	×
БрАМц9-2		×	×	×			×	×
БрАМц10-2				×				×
БрАЖ9-4				×		×		×
БрАЖМц10-3-4,5				×		×	×	×
БрАЖН10-4-4				×		×		×
БрБ2		×	×	×		×	×	
БрБНТ1,7		×	×	×		×	×	
БрБНТ1,9		×	×	×		×	×	
БрБНТ1,9Мг			×	×			×	
БрКМц3-1	×	×	×	×				×
БрКН1-3				×	×			×
БрМц5				×				×
БрАЖНМц9-4-4-1				×				×
БрКд1					×			
БрМг0,3					×			

Примечание. Знак × означает применение марки для изготовления указанных полуфабрикатов.

## 14.7. Пластмассы

Пластмассы, являясь наиболее распространенным заменителем металла в машиностроительных конструкциях, играют значительную роль в обеспечении экономии черных и цветных металлов. В табл. 14.25 приведены области применения различных полимеров в машиностроении.

Таблица 14.25. Применение пластмасс в машиностроительной индустрии

Тип материала	Характеристика	Область применения в машиностроении
Стеклопластики	Высокие прочностные показатели и износостойкость	Кабины, корпуса, поддоны, воздухопроводы, электроизоляционные детали
Фенопласты	Высокие антифрикционные, диэлектрические свойства и механическая прочность	Детали управления, кожухи, корпуса, крышки, резервуары, тормозные колодки, электроизоляционные детали
Поливинилхлорид	Высокая химическая стойкость, морозостойкость и диэлектрические свойства	Изоляция и оболочки проводов и кабелей, трубопроводы, футеровка химического оборудования, детали общемашиностроительного применения и электроизоляция
Полиолефины	Высокая механическая прочность, диэлектрические свойства, легкая формовость и свариваемость, устойчивость к ударным нагрузкам	Трубы, детали, арматура, зубчатые и червячные колеса, фильтры масляных и водных систем, рабочие органы гидромашин, подшипники скольжения
Полиамиды	Высокие антифрикционные и электроизоляционные свойства, коррозионная и химическая стойкость	Антифрикционные узлы и детали машин, подшипники, втулки, вкладыши, шестерни
Полистирол	Высокая водостойкость, легкая окрашиваемость в различные цвета	Детали холодильников, сосуды, емкости, крупногабаритные элементы конструкций
Фторопласты	Высокая химическая стойкость, водостойкость, теплостойкость	Подшипники скольжения, уплотнения, электроизоляционные детали, панели, щитки, корпуса приборов
Полиформальдегид	Высокая механическая прочность, теплостойкость, коррозионная стойкость	Зубчатые и червячные колеса, болты, подшипники скольжения, детали приборов точной механики, пружины
Поликарбонат	Высокая механическая прочность, гигроскопичность	Зубчатые и червячные колеса, ролики и катки, трубы, арматура, оптические детали
Пентапласты	Высокие прочностные показатели и теплостойкость	Зубчатые и червячные колеса, подшипники скольжения, уплотнения, детали приборов точной механики, болты, гайки, шайбы

## Часть четвертая

# Правила оформления конструкторской документации по ЕСКД и ЕСКД СЭВ

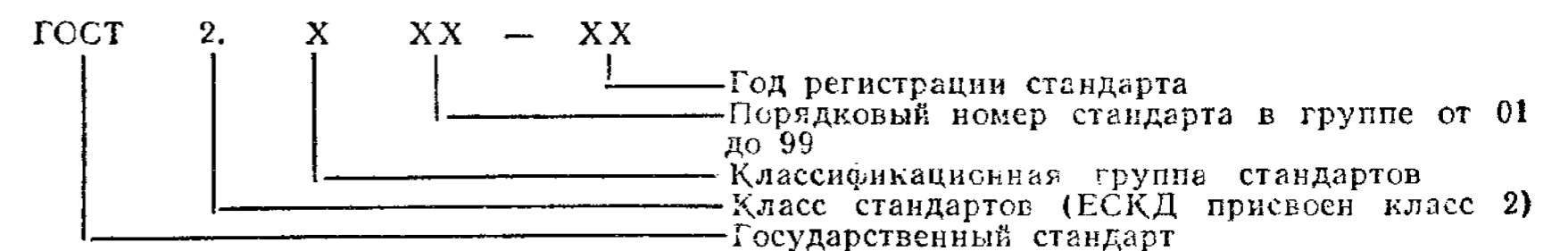
## Глава 15. КОНСТРУКТОРСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

### 15.1. Общие положения Единой системы конструкторской документации

Единая система конструкторской документации — комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями Советского Союза.

Важное значение имеет работа по установлению единых правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации в рамках СЭВ. С этой целью разрабатывается ЕСКД СЭВ, в соответствии со стандартами которой перерабатываются стандарты ЕСКД.

Обозначение стандартов ЕСКД построено по классификационному принципу. В общем виде обозначение любого стандарта ЕСКД следующее:



Распределение стандартов ЕСКД по классификационным группам приведено в табл. 15.1.

При выполнении конструкторской документации следует иметь в виду, что ГОСТ 2.101—68 (СТ СЭВ 364—76) [143] устанавливает следующие виды изделий (рис. 15.1): детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Изделия в зависимости от наличия в них составных частей подразделяются на две группы: а) неспецифицированные — не имеющие составных частей (к ним относятся детали); б) специфицированные — состоящие из двух и более составных частей (в эту группу изделий входят сборочные единицы, комплексы и комплекты).

Кроме того, изделия в зависимости от их назначения подразделяются на изделия основного и вспомогательного производства [143].

**Деталь** — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

**Сборочная единица** — изделие, состоящее из нескольких частей, соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой и т. п.), например станок, редуктор, сварной корпус. Примером сборочной единицы может служить шатун двигателя, состоящий из корпуса, крышки и болтов с гайками для их соединения.

**Комплекс** представляет собой два или более специфицированных изделия, которые на изготовляющем их предприятии не соединяются сборочными операциями, но имеют взаимосвязанные эксплуатационные функции, например поточная линия станков, цех-автомат, бурильная установка.

**Комплект** — два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплект запасных частей, комплект инструментов и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, комплект упаковочной тары и т. п.

Т а б л и ц а 15.1. Классификационные группы стандартов ЕСКД

Шифр группы	Содержание стандарта в группе	Номер стандарта
0	Общие положения	ГОСТ 2.001—70 — ГОСТ 2.034—77
1	Основные положения	ГОСТ 2.101—68 (СТ СЭВ 364—76) — ГОСТ 2.122—79
2	Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах	ГОСТ 2.201—80
3	Общие правила выполнения чертежей	ГОСТ 2.301—68* (СТ СЭВ 1181—78) — ГОСТ 2.319—81 (СТ СЭВ 2824—80)
4	Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения	ГОСТ 2.401—68* (СТ СЭВ 285—76) — ГОСТ 2.427—75
5	Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений)	ГОСТ 2.501—68 — ГОСТ 2.504—81
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации	ГОСТ 2.601—68* (СТ СЭВ 1798—79) — ГОСТ 2.609—79
7	Правила выполнения схем	ГОСТ 2.701—76* (СТ СЭВ 651—77) — ГОСТ 2.797—81 СТ СЭВ 2517—80
8	Правила выполнения документов строительных, судостроения и горных	ГОСТ 2.801—74 — ГОСТ 2.803—77; ГОСТ 2.850—75 — ГОСТ 2.857—75
9	Прочие стандарты	—

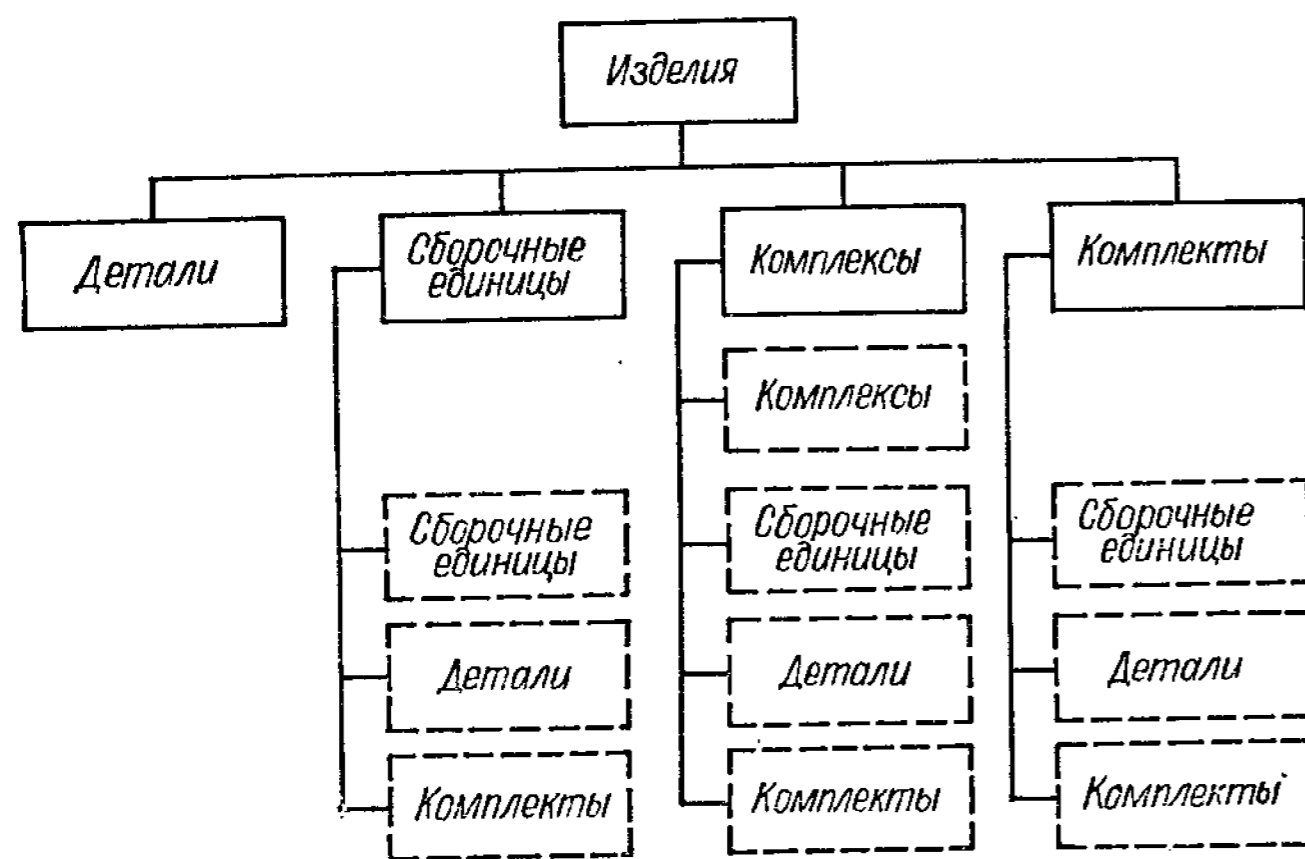


Рис. 15.1. Виды изделий по ГОСТ 2.101—68 (СТ СЭВ 364—76)

### 15.2. Виды, комплектность и стадии разработки конструкторских документов

Конструкторскими документами являются графические (чертежи, схемы) и текстовые (спецификации, технические условия, пояснительные записки и т. п.) документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устрой-

ство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

В зависимости от стадии разработки [145] конструкторские документы разделяются на проектные (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и рабочие (рабочая документация). Наименования конструкторских документов в зависимости от способа их выполнения и характера использования: *оригиналы* — документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников; *подлинники* — документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий; *дубликаты* — копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с них копий; *копии* — документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом) и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий. Для разового использования в производстве (например, для изготовления приспособлений, испытательных стендов и т. п.) графические конструкторские документы разрешается выполнять в виде эскизов.

При определении комплектности конструкторских документов на изделие следует различать:

1) основной конструкторский документ (для деталей — чертеж детали; для сборочных единиц, комплексов и комплектов — спецификация);

2) основной комплект конструкторских документов — конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию, например сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия, эксплуатационные документы;

3) полный комплект конструкторских документов, составленный из: а) основного комплекта конструкторских документов на данное изделие; б) основных комплектов конструкторских документов на все составные части данного изделия, примененные по своим основным конструкторским документам.

ГОСТ 2.103—68\* (СТ СЭВ 208—75) устанавливает стадии разработки конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности и этапы выполнения работ.

Обязательность выполнения стадий и этапов разработки конструкторской документации устанавливается техническим заданием на разработку.

### 15.3. Обозначение изделий и конструкторских документов

ГОСТ 2.201—80 устанавливает единую обезличенную классификационную систему обозначения изделий основного и вспомогательного производства и их конструкторских документов для всех отраслей промышленности при разработке, изготовлении, эксплуатации и ремонте. В соответствии с этим стандартом каждому изделию [143] должно быть присвоено обозначение, которое является одновременно обозначением его основного конструкторского документа (чертежа детали или спецификации).

Обозначения изделиям и конструкторским документам присваивают централизованно или децентрализованно (в последнем случае — организацией-разработчиком) на основе классификационной системы.

Структура обозначения изделия и основного конструкторского документа включает в себя четырехзначный код организации-разработчика, шестизначный код классификационной характеристики и трехзначный порядковый регистрационный номер:

XXXX.XXXXXX.XXX

Код организации-разработчика

Код классификационной характеристики

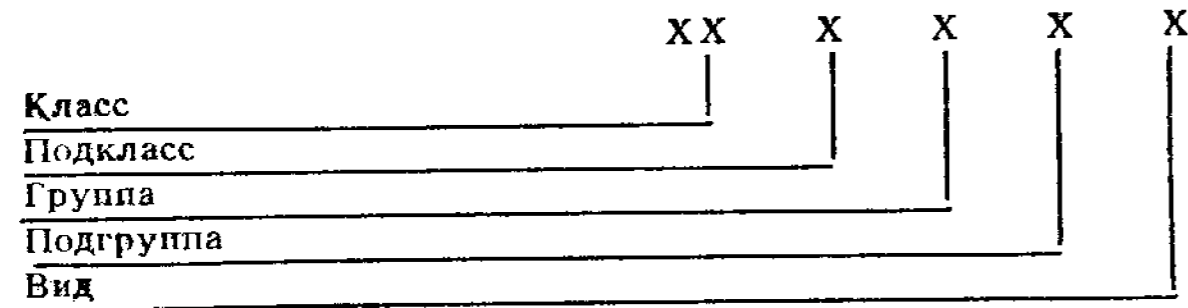
Порядковый регистрационный номер

Буквенный код организации-разработчика назначается по кодификатору организации-разработчика на основе Общесоюзного классификатора предприятий, учреждений и организаций (ОКПО).



При централизованном присвоении обозначения вместо кода организации разработчика указывают код, выделенный для централизованного присвоения значения.

Код классификационной характеристики присваивают изделию и конструкторскому документу по классификатору изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (классификатору ЕСКД). Структура кода должна включать класс, подкласс, группу, подгруппу и вид изделия:

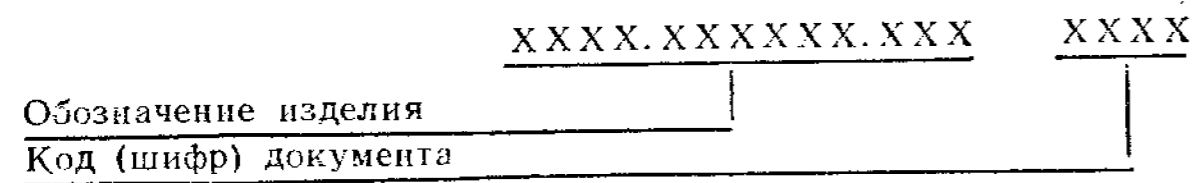


Вся промышленная и сельскохозяйственная продукция делится на классы. Классы делятся на подклассы, группы, подгруппы и виды [189]. Для обозначения класса предусмотрено два разряда шифра, а для обозначения подклассов, групп, подгрупп и видов — по одному разряду. Таким образом, код высшей классификационной группировки имеет шестизначную характеристику.

Порядковый регистрационный номер присваивают по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика при децентрализованном присвоении обозначения, а при централизованном присвоении — в пределах кода организации, выделенного для централизованного построения.

После кода организации-разработчика и кода классификационной характеристики проставляются точки, например: АБВГ.061341.021.

Обозначение неосновного конструкторского документа должно состоять из обозначения изделия и кода (шифра) документа, установленного стандартами ЕСКД (например: СБ — сборочный чертеж; ТУ — технические условия и т. п.):



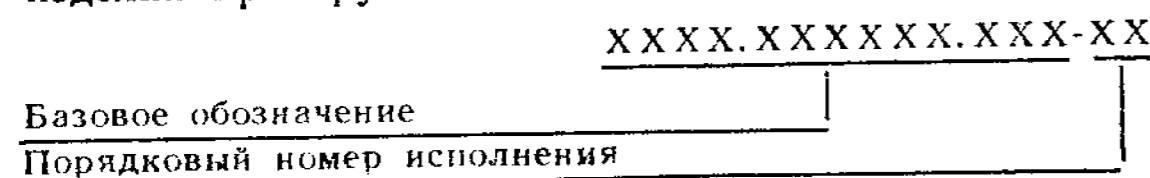
В коде документа должно быть не более четырех знаков, включая номер части документа.

Примеры обозначения неосновного конструкторского документа:

АБВГ.061341.021СБ; АБВГ.061341.021ТУ1;

АБВГ.06341.021ИЭ12.

При групповом и базовом исполнениях конструкторских документов каждому исполнению изделия и документов присваивается самостоятельное обозначение, которое состоит из базового обозначения и порядкового номера исполнения. Структура обозначения изделия при групповом и базовом исполнениях:



Базовое обозначение является общим для всех исполнений, оформленных одним групповым или базовым основным документом. Его следует присваивать основному документу так же, как отдельному изделию. Порядковый номер исполнения устанавливают в пределах базового обозначения и отделяют от базового обозначения знаком дефис.

Основное исполнение имеет только базовое обозначение без порядкового номера исполнения, например: АБВГ.302123.005. Для других исполнений к базовому обозначению добавляют порядковый номер исполнения от 01 до 98, например: АБВГ.302123.005-01 и т. д.

Стандарт [151] предусматривает также структуру обозначения эскизных конструкторских документов.

## 15.4. Форматы и масштабы

ГОСТ 2.301—68\* (СТ СЭВ 1181—78) устанавливает основные и дополнительные форматы листов чертежей и других документов

Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (рис. 15.2). Внутри внешней рамки сплошной линией, равной по толщине основной линии, принятой для обводки чертежа, проводят внутреннюю рамку. Сверху, справа и снизу расстояние между линиями, ограничивающими внутреннюю и внешнюю рамки, принимается равным 5 мм. С левой стороны формата для подшивки и брошюровки чертежей оставляют полосу шириной 20 мм.

За основные форматы принимают формат с размерами сторон 841×1189 мм и др., полученные путем последовательного деления формата на две равные части параллельно меньшей стороне. Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в табл. 15.2.

Дополнительные форматы образуются увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Размеры производных форматов, как правило, следует выбирать из табл. 15.3.

Масштабы изображений и их обозначение на чертежах установлены ГОСТ 2.302—68 (СТ СЭВ 1180—78).

Масштабом называется отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным размерам.

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующих рядов:

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

Таблица 15.2. Основные форматы по ГОСТ 2.301—68\* (СТ СЭВ 1181—78)

Обозначение формата		Размеры сторон формата, мм	Предельные отклонения, мм
ГОСТ 2.301—68* (СТ СЭВ 1181—78)	ГОСТ 2.301—68		
A0	44	841×1189	±3,0
A1	24	594×841	
A2	22	420×594	±2,0
A3	12	297×420	
A4	11	210×297	
A5	—	148×210	

Примечание. Формат А5 допускается применять при необходимости.

Масштаб, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, должен обозначаться по типу 1 : 1; 1 : 2; 2 : 1 и т. д., а в остальных случаях — по типу M1 : 1; M1 : 2; M2 : 1 и т. д.

Таблица 15.3. Дополнительные форматы по ГОСТ 2.301—68\* (СТ СЭВ 1181—78)

Кратность	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	—	—	—	—
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	—	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	—	—	594×2102	420×1486	297×1051
6	—	—	—	420×1783	297×1261
7	—	—	—	420×2080	297×1471
8	—	—	—	—	297×1682
9	—	—	—	—	297×1892

Примечание. Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности, например: A0×2; A4×8 и т. д.

## Глава 16. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

### 16.1. Линии

ГОСТ 2.303—68\* (СТ СЭВ 1178—78) устанавливает начертание и основное назначение линий на чертежах. Специальное назначение линии (изображение резьбы, шлицев, границы зон с различной шероховатостью поверхности и т. д.) определено в соответствующих стандартах ЕСКД.

Согласно стандарту [154] на чертежах применяются девять типов линий (табл. 16.1). Примеры применения типов линий показаны на рис. 16.1. Толщина линий должна быть одинаковой для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Толщина  $s$  основной (сплошной толстой) линии чертежа должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм.

Тонкие линии, выполненные в карандаше, на чертежах всех форматов должны иметь толщину  $s/2$ ; выполненные в туши на форматах A4—A2 — толщину  $s/3$ , а на форматах A1 и более — толщину  $s/2$ .

Для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой толстой линии соединять штрихпунктирной тонкой линией.

Линия сгиба (плавного перехода) показывается сплошной тонкой линией. Место сопряжения поверхностей двух деталей обводится одной сплошной основной линией без удвоения толщины (рис. 16.2, а).

Штрихпунктирные линии должны заканчиваться штрихами, а не точками. Штрихи в линии должны быть одинаковой длины. Центры окружностей должны отмечаться пересечением штрихов (рис. 16.2, б). Центры отверстий, расположенных на круглом фланце, торце и т. п., отмечаются пересечением центральной окружности и штрихов, направленных по ее радиусам (рис. 16.2, в). Если диаметр окружности равен или менее 12 мм, то ее центровые линии должны проводиться двумя сплошными штрихами, образующими в пересечении центр данной окружности (рис. 16.2). Штриховые линии (линии невидимого контура), если они доходят до линии контура изображения, должны упираться в линию контура без промежутка. При пересечении линий невидимого контура штрихи должны пересекаться (см. рис. 16.1).

Линия сгиба на развертках и изображение развертки, совмещенной с видом, выполняются штрихпунктирной линией с двумя точками. Таким же типом линий указываются части изделий в крайних или промежуточных положениях.

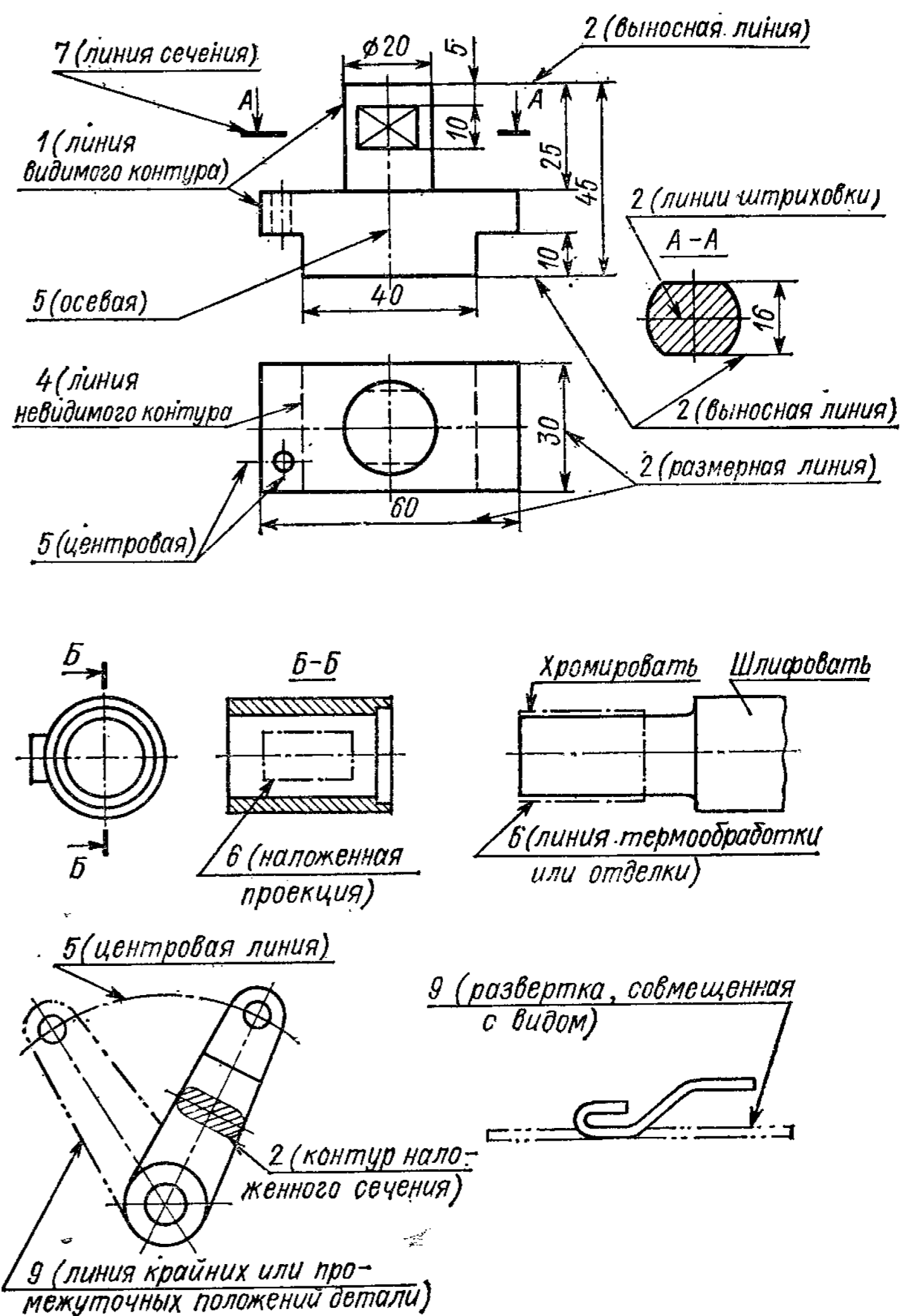


Рис. 16.1. Примеры применения типов линий (см. табл. 16.1)

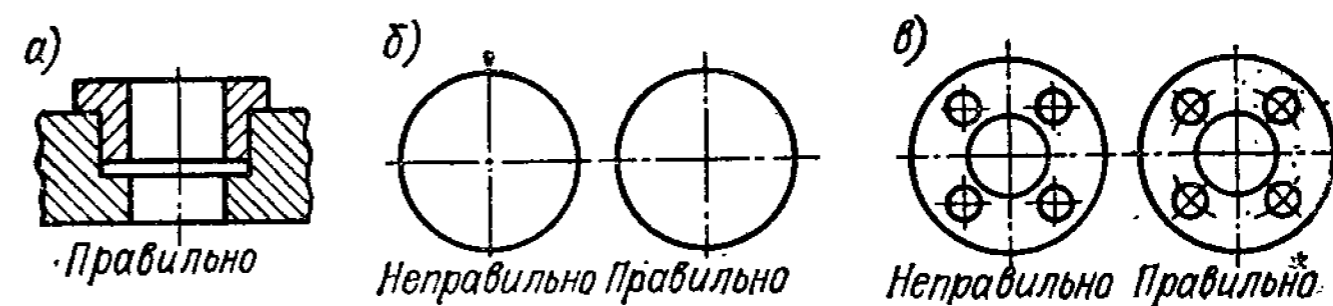


Рис. 16.2. Примеры правильного и неправильного проведения линий

Таблица 16.1. Типы линий по ГОСТ 2.303—68\*  
(СТ СЭВ 1178—78)

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1. Сплошная толстая — основная		s	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		От s/3 до s/2	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей (обстановка) Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
3. Сплошная волнистая			Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая			Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
5. Штрихпунктирная тонкая		От s/3 до s/2	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6. Штрихпунктирная утолщенная		От s/2 до 2/s	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перпендикулярно к секущей плоскости (наложенная проекция)

Продолжение табл. 16.1

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
7. Разомкнутая		От s до 1 1/2 s	Линии сечений
8. Сплошная тонкая с изломами			Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От s/3 до s/2	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

При длинных линиях обрыва следует применять сплошную тонкую линию с двумя изломами. Длина штрихов штриховых и штрихпунктирных линий выбирается соответственно в пределах от 2 до 8 мм и от 3 до 8 мм.

## 16.2. Основные надписи

Каждый чертеж, как и любой другой конструкторский документ, должен иметь основную надпись, расположенную в правом нижнем углу формата. Основная надпись должна содержать основные сведения об изображенных объектах. Формы, размеры и содержание основных надписей определены ГОСТ 2.104—68\* (СТ СЭВ 140—74; СТ СЭВ 365—76).

Основные надписи, дополнительные графы к ним и рамки выполняют сплошными тонкими линиями [154].

Основная надпись для чертежей и схем должна соответствовать форме 1 (рис. 16.3), основная надпись для текстовых конструкторских документов (первый или заглавный лист) — форме 2 (рис. 16.4), последующие листы всех конструкторских документов — форме 2а (рис. 16.5).

В графах основной надписи и дополнительных графах (номера граф на формах показаны в скобках) указывают следующее (рис. 16.3—16.5).

Графа 1 — наименование изделия в соответствии с требованиями стандарта [150], а также наименование документа, если этому документу присвоен шифр.

Графа 2 — обозначение документа по стандарту [151].

Графа 3 — обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей).

Графа 4 — литера, присвоенная данному документу по стандарту [145] (графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки).

Графа 5 — масса изделия (в кг) по стандарту [150].

Графа 6 — масштаб (проставляется в соответствии со стандартами [153, 150]).

Графа 7 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют).

Графа 8 — общее число листов документа (графу заполняют только на первом листе).

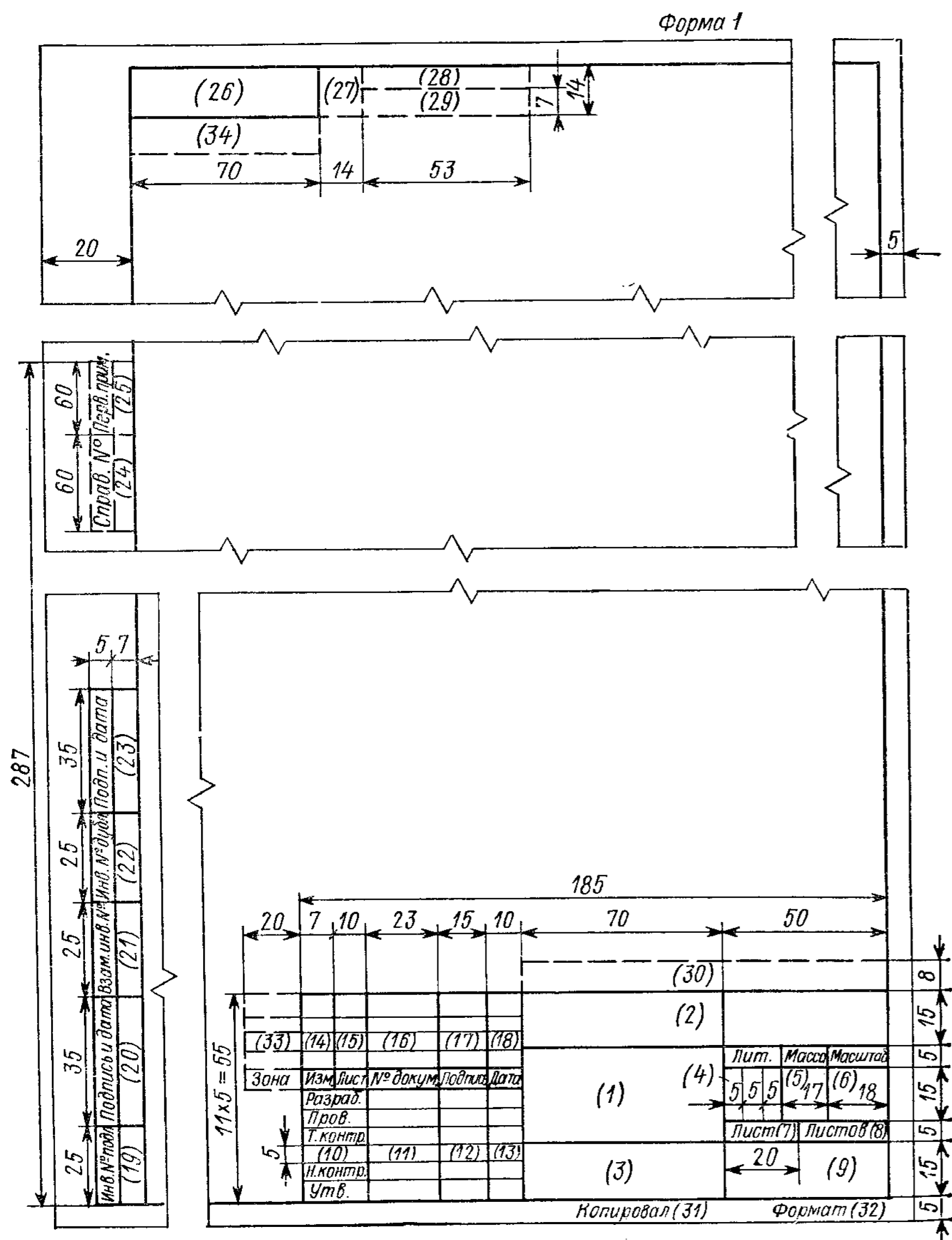


Рис. 16.3. Основная надпись для чертежей и схем (первый или заглавный лист) по ГОСТ 2.104-68\*

Графа 9 — наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ (графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа).

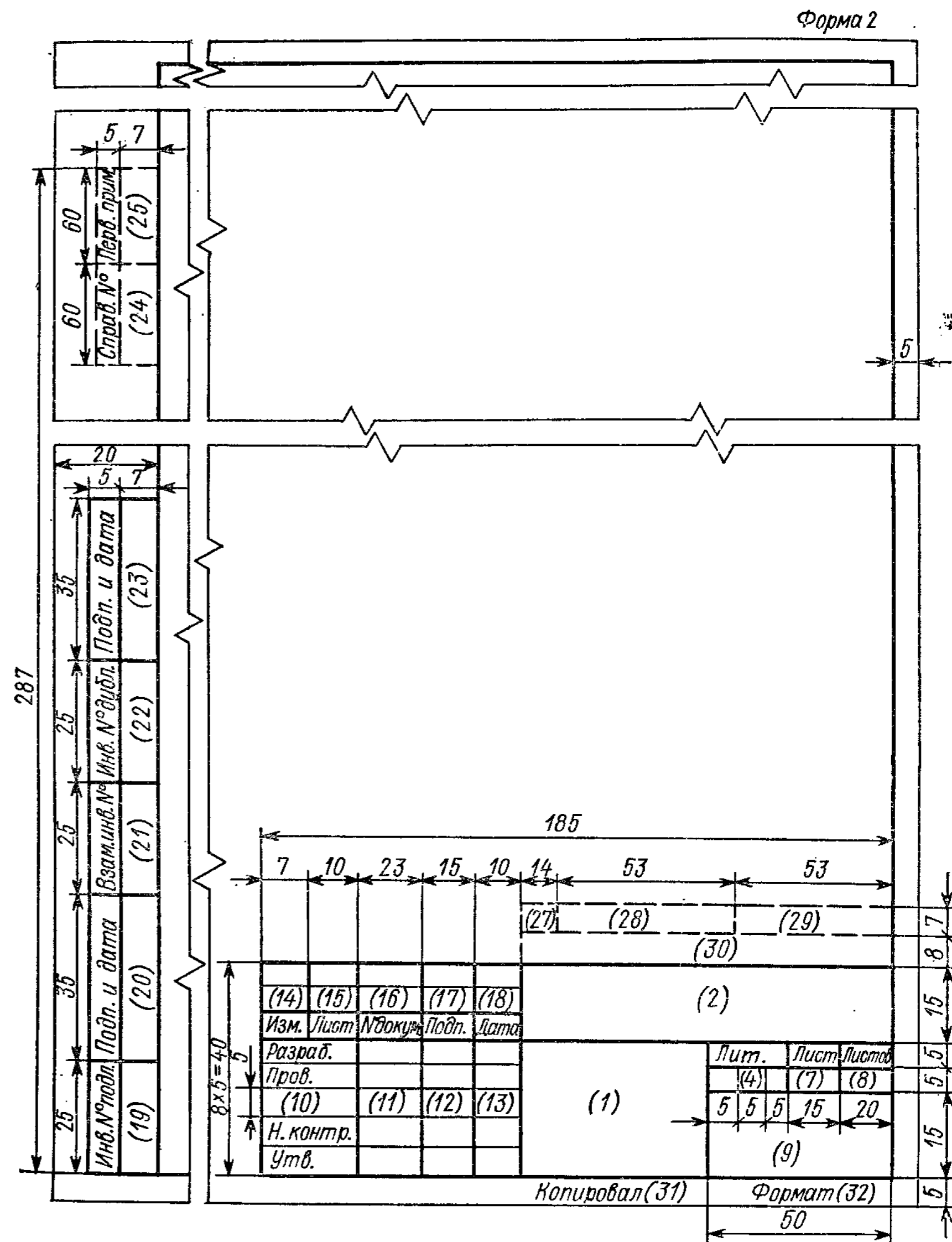


Рис. 16.4. Основная надпись для текстовых конструкторских документов (первый или заглавный лист) по ГОСТ 2.104-68\* (высота граф 27-29 должна быть 14 мм вместо 7 мм)

Графа 10 — характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами 1 и 2. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: «Начальник отдела»; «Начальник лаборатории»; «Рассчитал».

Графа 11 — фамилии лиц, подписывающих документ.



Графа 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11. Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль, являются обязательными.

Графа 13 — дата подписания документа.

Графы 14—18 — графы таблицы изменений, которые заполняют в соответствии с требованиями стандарта [179].

Графа 19 — инвентарный номер подлинника по стандарту [177].

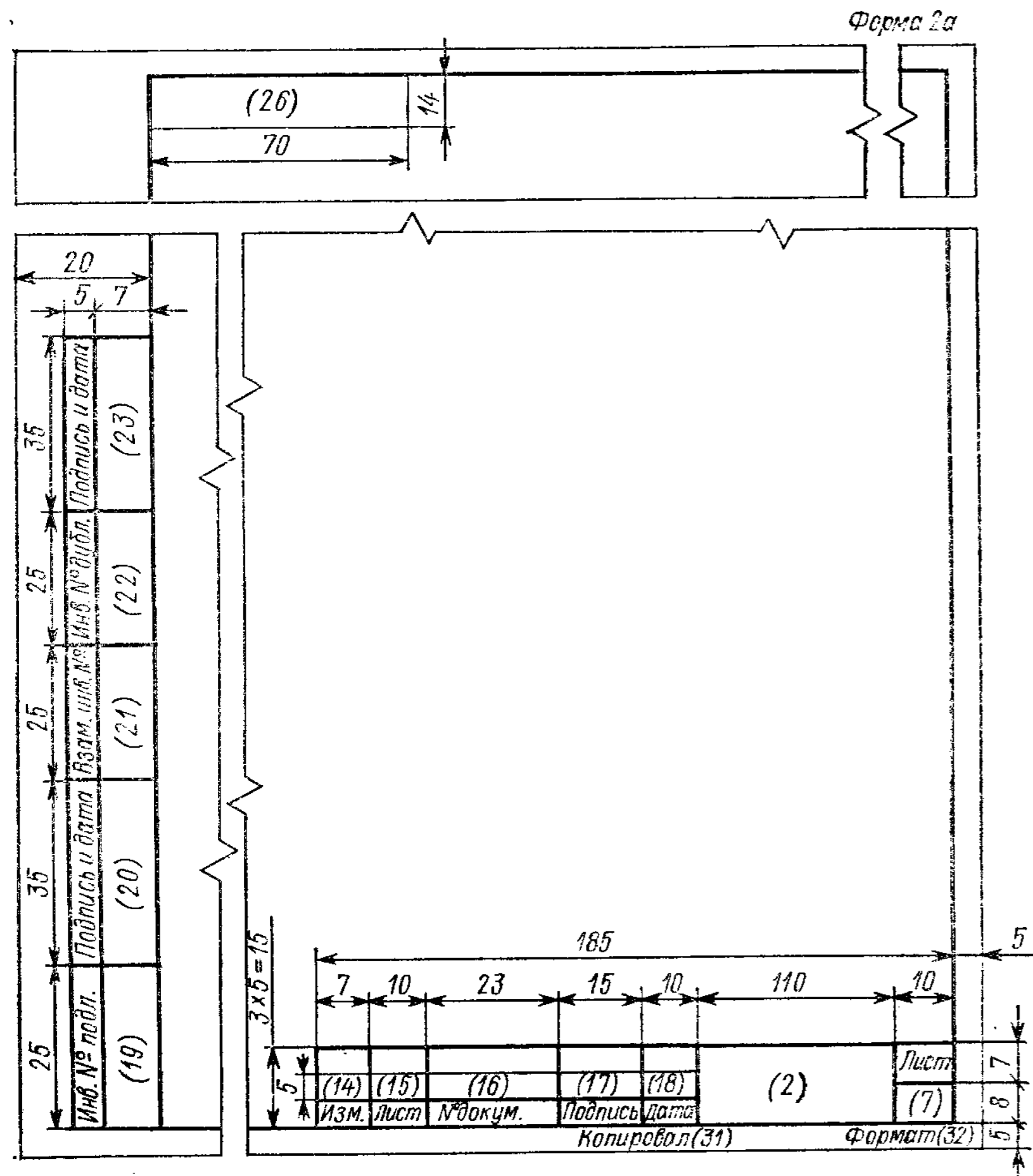


Рис. 16.5. Основная надпись для всех конструкторских документов (последующие листы) по ГОСТ 2.104—68\*

Графа 20 — подпись лица, принявшего подлинник в отдел (бюро) технической документации, и дата приемки.

Графа 21 — инвентарный номер подлинника, взамен которого выпущен данный подлинник, по стандарту [179].

Графа 22 — инвентарный номер дубликата по стандарту [178].

Графа 23 — подпись лица, принявшего дубликат в отдел (бюро) технической документации, и дата приемки.

Графа 24 — обозначение документа, взамен или на основании которого выпущен данный документ.

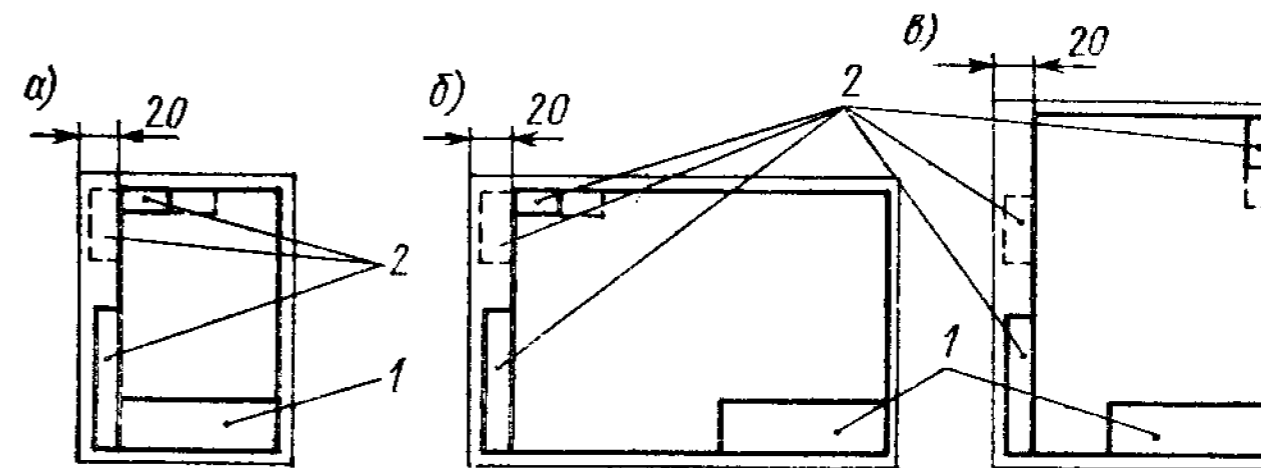


Рис. 16.6. Расположение основной надписи на различных форматах:

1 — основная надпись; 2 — дополнительные графы

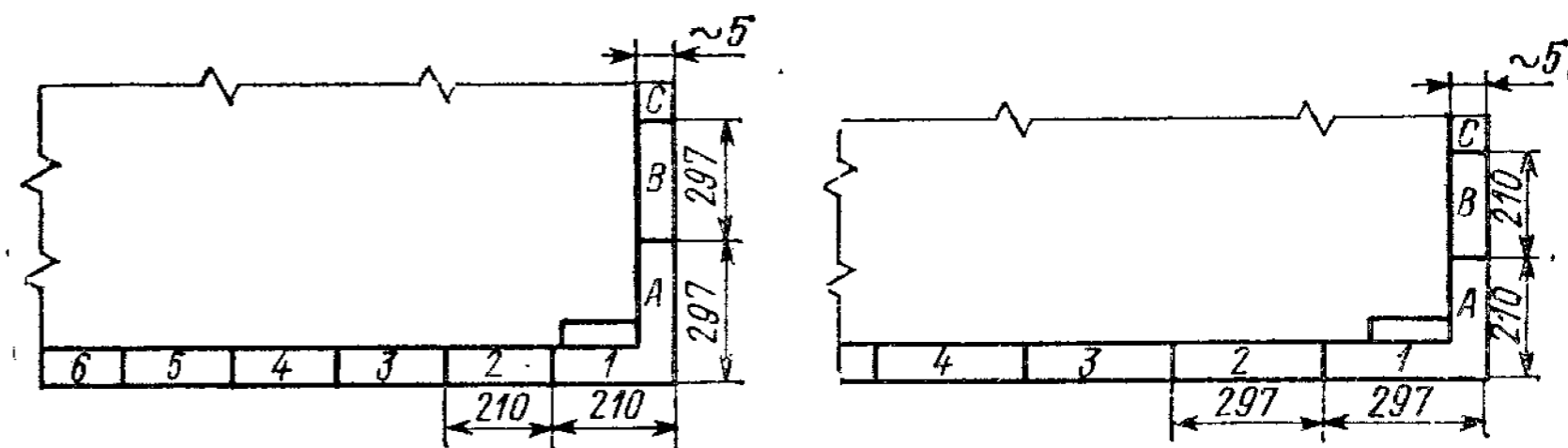


Рис. 16.7. Разбивка поля чертежа на зоны

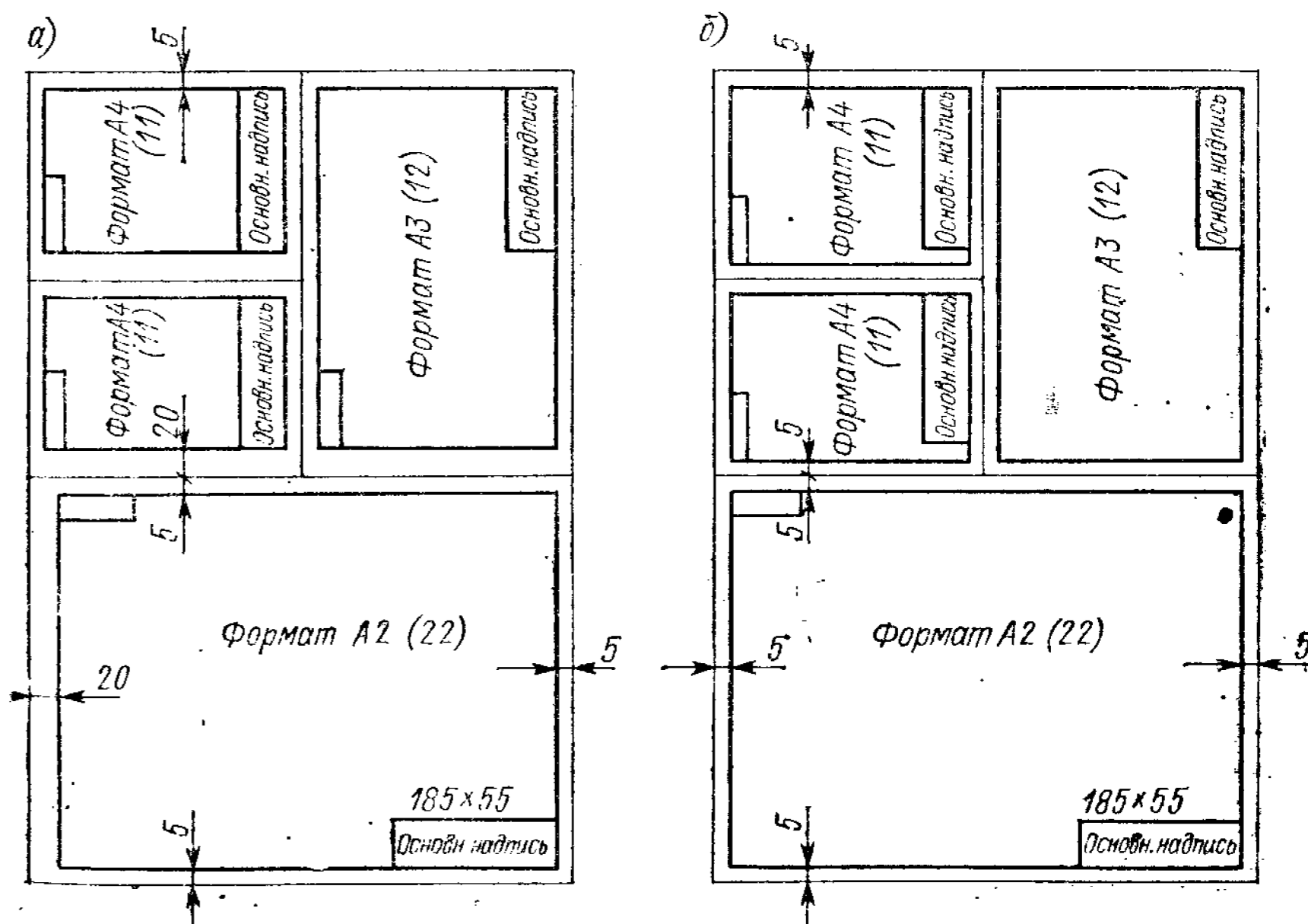


Рис. 16.8. Примеры расположения форматов на чертеже: а — с полем для подшивки; б — без поля для подшивки

Графа 25 — обозначение соответствующего документа, в котором впервые записан данный документ.

Графа 26 — обозначение документа, повернутое на 180° для формата А4 и для форматов больше А4 при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа и на 90° для форматов больше А4 при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа.

Графы 27—30 — заполняются заказчиком.

Графа 31 — подпись лица, копировавшего чертеж.

Графа 32 — обозначение формата листа по стандарту [152].

Графа 33 — обозначение зоны, в которой находится изменяемая часть изделия.

Графа 34 — номера авторских свидетельств на изобретения, использованные в данном изделии.

Примечания: 1. Графа 26 на форме 2 является обязательной только для чертежей и схем. 2. Графы, выполненные штриховой линией, вводят при необходимости. 3. При использовании для последующих листов чертежей и схем формы 1 графы 1, 3, 4, 5, 6, 9 не заполняют. 4. Графы 27—30 обязательны для документов, утверждаемых заказчиком.

На рис. 16.6 показаны варианты расположения основной надписи и дополнительных граф. Формат А4 располагается только вертикально — основная надпись внизу листа (рис. 16.6, а). Форматы больше А4 могут быть расположены как горизонтально, так и вертикально: основная надпись может быть нанесена как вдоль длинной (рис. 16.6, б), так и вдоль короткой (рис. 16.6, в) стороны листа.

Для быстрого нахождения на чертеже (схеме) составной части изделия поле чертежа рекомендуется разбивать на зоны (рис. 16.7). Отметки, разделяющие чертеж на зоны, рекомендуется наносить на расстоянии, равном одной из сторон формата А4. Отметки наносят: по горизонтали — арабскими цифрами справа налево, по вертикали — прописными буквами латинского алфавита снизу вверх. Зоны обозначают сочетанием букв и цифр, например: А1, А2, А3, В1, В2, В3 и т. д.

Примеры расположения форматов на чертеже показаны на рис. 16.8.

### 16.3. Спецификация

Спецификация — документ, содержащий перечень всех составных частей, входящих в данное специфицированное изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицированным составным частям.

Согласно стандарту [149] спецификацию выполняют в виде таблицы на отдельных листах формата А4 (210×297 мм) на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект по формам 1 (заглавный лист) и 1а (последующие листы) — рис. 16.9. На заглавном листе основная надпись выполняется по ГОСТ 2.104—68\* по форме 2, а на последующих — по форме 2а (см. рис. 16.4 и 16.5).

Спецификация определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и необходима для их изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство указанных изделий. В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицированное изделие, а также в конструкторские документы.

Спецификация состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности: «Документация», «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы», «Комплекты». Наличие тех или иных разделов в таблице спецификации определяется составом специфицированного изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией (рис. 16.10 и 16.11). Ниже каждого заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше — не менее одной свободной строки. Заполнение граф спецификации производится сверху вниз следующим образом.

1. В графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе «Обозначение». Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе проставляют звездочку, а в графе «Примечание» перечисляют все форматы. Для документов, записанных в разделы «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы», графу не заполняют. Для деталей, на которые не выписаны чертежи, в графе указывают БЧ (без чертежа).

2. В графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится записываемая составная часть (при разбивке поля чертежа на зоны по ГОСТ 2.104—68\*).

3. В графе «Поз.» (позиция) указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицированное изделие, в последовательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют.

4. В графе «Обозначение» указывают: в разделе «Документация» — обозначение записываемых документов по ГОСТ 2.201—80, в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» графу не заполняют.

Рис. 16.9. Спецификация (первый лист) по ГОСТ 2.108—68 (форма 1а отличается от формы 1 только основной надписью)

5. В графе «Наименование» указывают:

а) в разделе «Документация» для документов, входящих в основной комплект документов специфицированного изделия и составляемых на данное изделие, — только наименования документов, например: «Сборочный чертеж», «Габаритный чертеж», «Технические условия» и т. п.;

б) в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» — наименование изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий (для деталей, например: «Корпус крана», «Втулка», «Крышка», «Палец» и т. д.); в наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например «Колесо зубчатое»; в наимено-

вание изделий, как правило, не включают сведений о назначении и местоположении изделий; для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывают наименование и материал, а также размеры, необходимые для их изготовления;

Форма 1

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1				Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
A1	1		АБВГ. XXXXXX.XXXСБ	Корпус	1	
A2	2		АБВГ. XXXXXX.XXXСБ	Цилиндр	1	
A3	3		АБВГ. XXXXXX.XXXСБ	Головка	1	
A3	4		АБВГ. XXXXXX.XXXСБ	Рукоятка	1	
				<u>Детали</u>		
A2	5		АБВГ. XXXXXX.XXX	Вал	1	
A3	6		АБВГ. XXXXXX.XXX	Гайка	1	
A4	7		АБВГ. XXXXXX.XXX	Втулка	1	
A3	8		АБВГ. XXXXXX.XXX	Кольцо	1	
A3	9		АБВГ. XXXXXX.XXX	Крышка	1	
A3	10		АБВГ. XXXXXX.XXX	Крышка	1	
A4	11		АБВГ. XXXXXX.XXX	Лист	3	
A4	12		АБВГ. XXXXXX.XXX	Прокладка	1	
A4	13		АБВГ. XXXXXX.XXX	Сухарь	3	
Б4	14		АБВГ. XXXXXX.XXX	Кольцо $\phi 87/\phi 79, s=2$ ТУ 14-1-779-73	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		15		Винт М4х10.34 ГОСТ 1491-80	15	
		16		Винт М6х8.34 ГОСТ 1475-75	1	
АБВГ. XXXXXX.300						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.	Ушаков				Литера	Лист
Прозер.	Волкова					1 2
И. контр.	Мурабин				Предприятие	
Утв.	Попова					

Рис. 16.10. Пример заполнения спецификации (первый лист)

в) в разделе «Стандартные изделия» — наименование и обозначение изделий в соответствии со стандартами на эти изделия, например, «Болт М 12х70.58 ГОСТ 7807-70»;

г) в разделе «Прочие изделия» — наименование и условные обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием обозначений этих документов;

д) в разделе «Материалы» — обозначения материалов, установленные в стандартах и технических условиях на эти материалы.

Для записи ряда изделий и материалов, отличающихся размерами и другими данными и применяемых по одному и тому же документу (и записываемых в спецификацию за обозначением этого же документа), общую часть наименования этих изделий или материалов с обозначением указанного документа допускается записывать на каждом листе спецификации один раз в виде общего наименования (заголовка).

Форма 1а

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Винт М6х12.34 ГОСТ 17475-80	3	
		18		Винт М8х14.34 ГОСТ 1478-75	2	
		19		Гайка М20х1,5-6Н ГОСТ 11871-80	2	
		20		Гайка М30х1,5-6Н ГОСТ 11871-80	2	
		21		Кольцо Б35 ГОСТ 13942-80	1	
		22		Кольцо СП47-31-5 ГОСТ 6308-71	2	
		23		Кольцо СП52-39-5 ГОСТ 6308-71	1	
		24		Подшипник 1207 ГОСТ 5720-75	1	
		25		Подшипник 8308 ГОСТ 6874-75	2	
				<u>Комплекты</u>		
				<u>Комплект монтажных частей</u>		
		26		Болт М16х20.8.8 ГОСТ 7805-70	2	Прочность по ГОСТ
		27		Болт М24х40.8.8 ГОСТ 7805-70	3	5.9035-71
АБВГ. XXXXXX.300						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Лист 2						

Рис. 16.11. Пример заполнения спецификации (второй лист)

Под общим наименованием записывают для каждого из указанных изделий и материалов только их параметры и размеры.

В раздел «Материалы» не записывают материалы, необходимое количество которых не может быть определено конструктором; по размерам элементов изделия и вследствие этого устанавливается технологом. К таким материалам относятся,



например, лаки, краски, клеи и др. Указание о применении таких материалов дают в технических требованиях на поле чертежа.

6. В графе «Кол.» (количество) указывают: для составных частей изделия, записываемых в спецификацию, — количество их на одно специфицированное изделие; в разделе «Материалы» — общее количество материалов на одно специфицированное изделие с указанием единицы величины. Допускается единицы величины записывать в графе «Примечание» в непосредственной близости от графы «Кол.». В разделе «Документация» графу не заполняют.

7. В графе «Примечание» указывают дополнительные сведения для планирования и организации производства, а также другие сведения, относящиеся к записанным в спецификацию изделиям, материалам и документам, например для деталей, на которые не выпущены чертежи, — массу.

После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей (в зависимости от стадии разработки, объема записей и т. п.). Допускается резервировать и номера позиций, которые проставляют в спецификацию при заполнении резервных строк.

Если сборочную единицу изготовляют наплавкой или заливкой деталей сплавом, резиной и другими материалами и чертят на формате А4 (210×297 мм), спецификацию и изображение допускается изображать на одном листе.

Спецификацию к ремонтным чертежам допускается составлять на поле чертежа на каждую сборочную единицу, комплекс или комплект. Основную надпись выполняют по форме 1 (ГОСТ 2.104—68\*). Спецификацию заполняют в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполненную на отдельных листах. Сборочному чертежу, совмещенному со спецификацией, шифр не присваивают. Более подробные сведения см. в стандарте [149].

#### 16.4. Складывание чертежей

Складывание чертежей и их копий в папки или конверты, а также для непосредственного брошюрования и для брошюрования с приклеиванием ленты установлено СТ СЭВ 159—75.

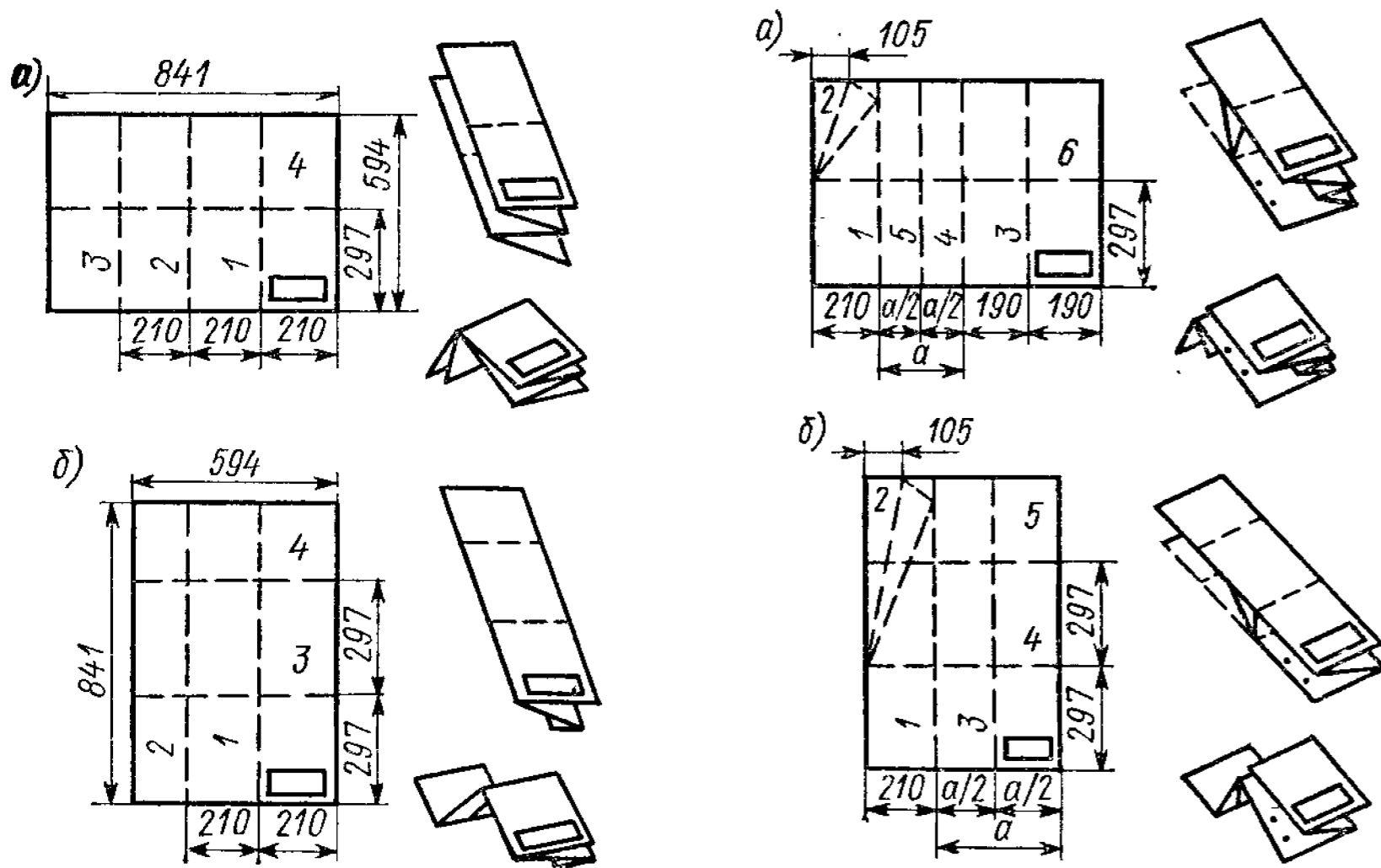


Рис. 16.12. Складывание чертежей (формат 594 × 841 мм) в папки: а — горизонтально расположенного листа; б — вертикально расположенного листа

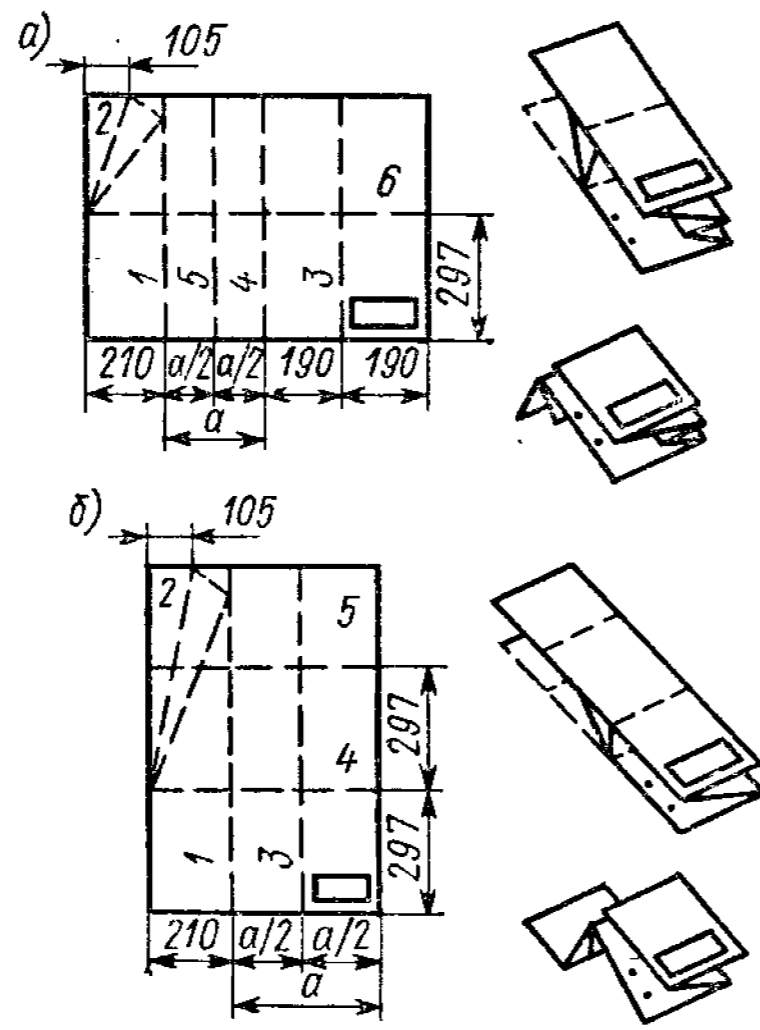


Рис. 16.13. Складывание чертежей (формат 594 × 841 мм) для непосредственного брошюрования: а — горизонтально расположенного листа; б — вертикально расположенного листа

Листы следует складывать изображением наружу так, чтобы основная надпись была расположена на лицевой стороне вдоль короткой стороны сложенного листа.

Листы чертежей всех форматов следует складывать сначала вдоль линий, перпендикулярных к основной надписи, а затем вдоль линий, параллельных ей, до формата А4 (210×297 мм).

Примеры складывания чертежей приведены на рис. 16.12 и 16.13. Листы чертежей складывают в последовательности, указанной цифрами на линиях сгибов.

#### 16.5. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах

Графические обозначения материалов в сечениях в зависимости от вида материалов должны соответствовать приведенным в табл. 16.2 [156].

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° к линии контура изображения (рис. 16.14, а), или к его оси (рис. 16.14, б), или к линиям рамки чертежа (рис. 16.14, в). 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° (рис. 16.14, г) или 60° (рис. 16.14, д).

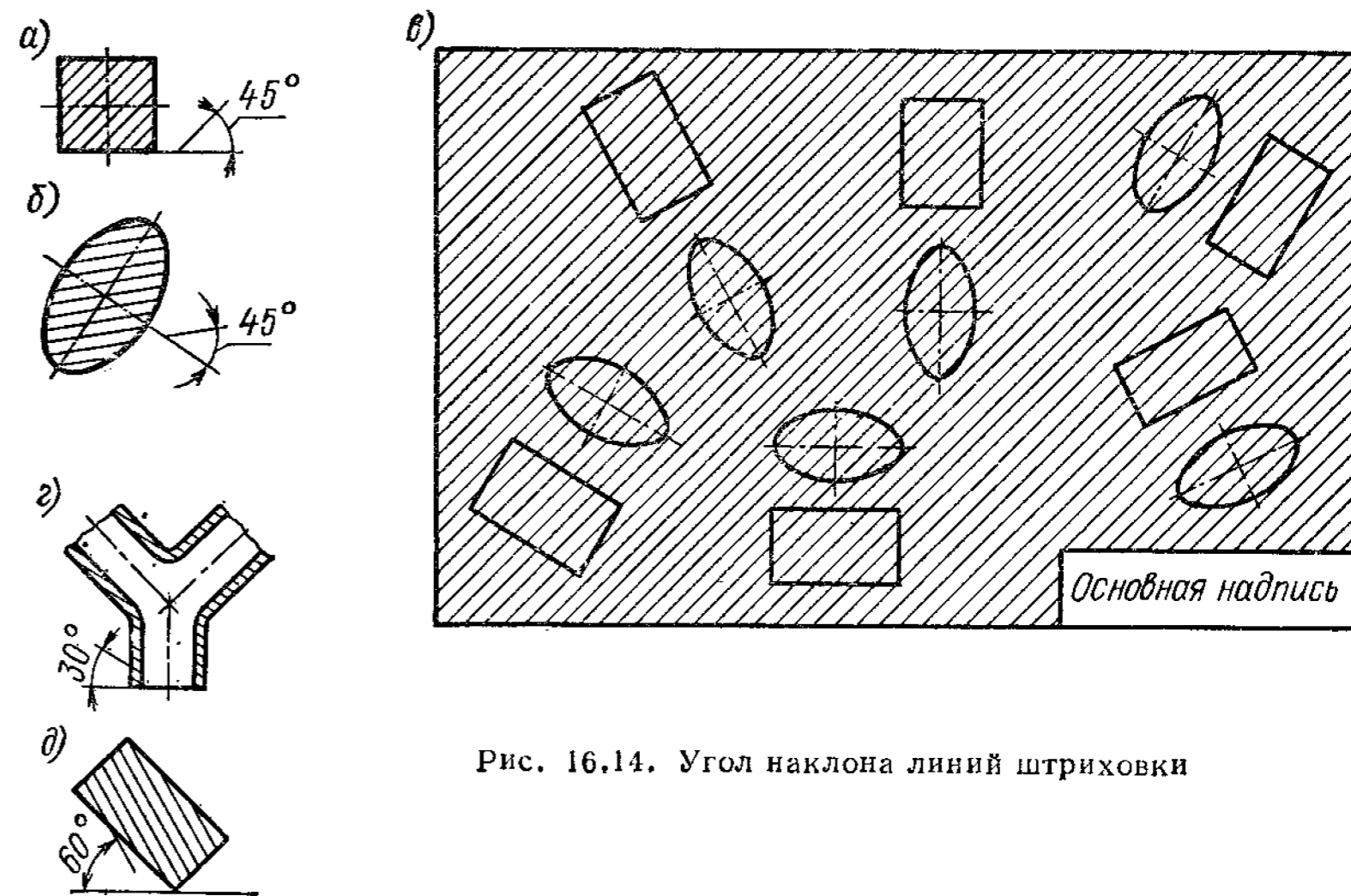


Рис. 16.14. Угол наклона линий штриховки

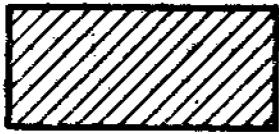
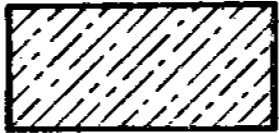
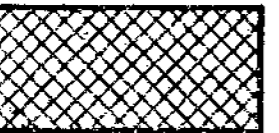
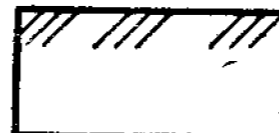

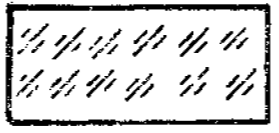

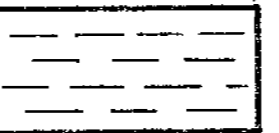
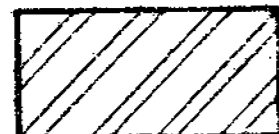

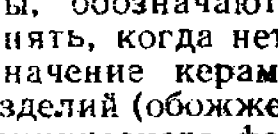

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов, на которых эти сечения расположены.

Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выводов в одном и том же масштабе сечений данной детали. Указанное расстояние должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений.

Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных, вальцованных и других подобных деталей), ширина которых на чертеже составляет 2—4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контура отверстий, а остальную площадь сечения — небольшими участками в нескольких местах, с выполнением штриховки от руки (рис. 16.15, а). Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерченными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм (рис. 16.15, б).



**Таблица 16.2. Обозначения графические материалов в сечениях по ГОСТ 2.306—68\* (СТ СЭВ 860—78)**

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Общее обозначение независимо от материала		Бетон	
Металлы и твердые сплавы		Грунт естественный	
Неметаллические материалы, в том числе волокнистые, монолитные и прессовые, за исключением указанных ниже		Стекло и другие светопрозрачные материалы	
Дерево		Жидкости	
Камень естественный		Засыпка из любого материала	
Керамика и силикатные материалы для кладки		Сетка	

**Примечания:** 1. Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначают, как металлы. 2. Графическое обозначение древесины следует применять, когда нет необходимости указывать направление волокон. 3. Графическое обозначение керамики и силикатных материалов следует применять для кирпичных изделий (обожженных и необожженных), огнеупоров, строительной керамики, электротехнического фарфора, шлакобетонных блоков и т. п. 4. Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренные в стандарте, поясняя их на чертеже.

Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого — влево (встречная штриховка).

При штриховке «в клетку» для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным.

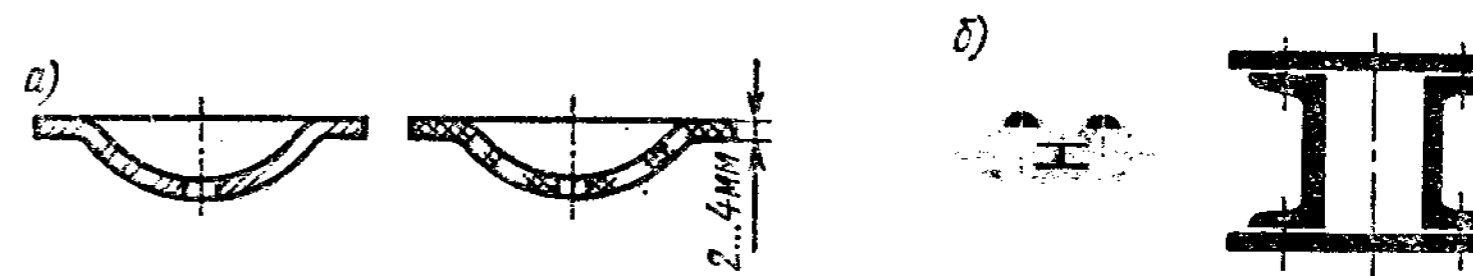


Рис. 16.15. Штриховка узких площадей сечений: а — шириной 2—4 мм; б — шириной менее 2 мм

В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки (рис. 16.16., а) или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона (рис. 16.16, б).

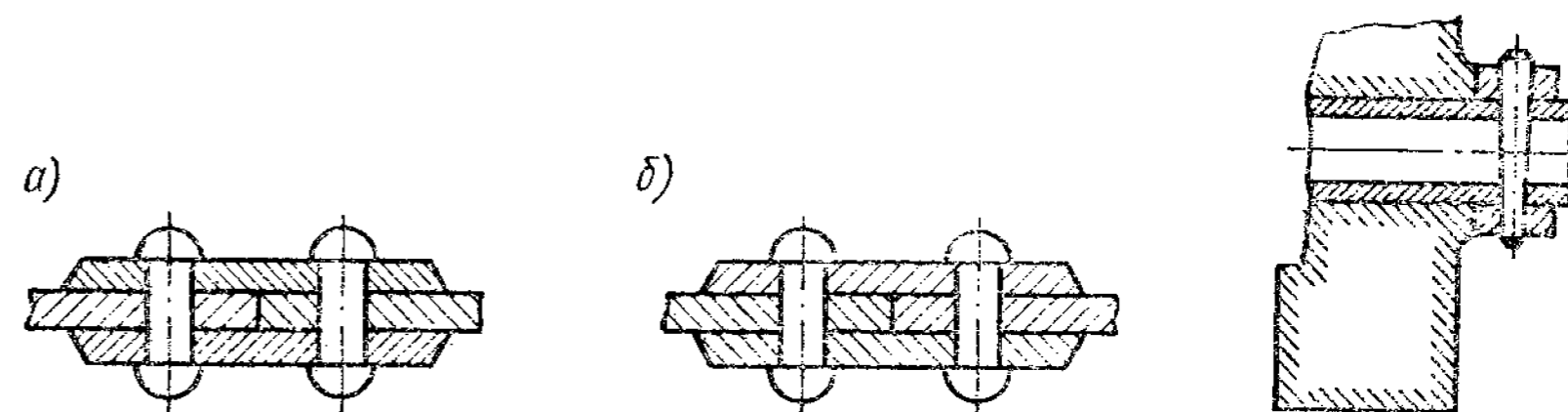


Рис. 16.16. Штриховка смежных сечений

Рис. 16.17. Штриховка по контуру

При больших площадях сечений, а также при указании профиля грунта допускается наносить обозначение лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины (рис. 16.17).

### 16.6. Обозначения шероховатости поверхностей. Правила нанесения обозначений шероховатости на чертежах

**Обозначения шероховатости поверхностей.** Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции [159].

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 16.18. При наличии в обозначении шероховатости только значения параметра (параметров) применяют знак без полки.

Стандартом [159] предусмотрены три знака для обозначения шероховатости (рис. 16.19). Высота  $h$  должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже.

В табл. 16.3 рассмотрены различные случаи обозначения шероховатости поверхностей, установленные стандартом [159].

Базовую длину в обозначении шероховатости поверхности не указывают, если она соответствует параметрам  $R_a$ ,  $R_z$  и  $R_{max}$  по табл. 6.5 (см. гл. 6).

Условные обозначения расположения неровностей должны соответствовать указанным в табл. 16.4 и 6.7. Требования к расположению неровностей приводят в обоз-

Т а б л и ц а 16.3. Обозначения шероховатости поверхностей по ГОСТ 2,309—73\* (СТ СЭВ 1632—79)

Продолжение табл. 16.3

Элемент обозначения	Обозначение	Пояснение
Знаки, применяемые для обозначения шероховатости на чертежах	✓	Основной знак; для обозначения шероховатости наиболее предпочтителен и соответствует обычному условию нормирования. Применяется для обозначения шероховатости поверхности, эксплуатационные свойства которой не зависят от метода (способа) ее окончательной обработки и конструктором не устанавливаются
	▽	Знак применяется в обозначении шероховатости, которая должна быть образована удалением поверхностного слоя материала (например, фрезерованием, точением, шлифованием, полированием и т. п.) или разделением материала (например, вырубкой). Устанавливается конструктором для поверхности, требуемые эксплуатационные свойства которой обеспечиваются только при ее окончательной обработке удалением слоя материала
	⌋	Знак применяется в обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления поверхностного слоя материала (например, литьем, штамповкой, ковкой, прокатом и т. п.). Устанавливается конструктором для поверхности, требуемые эксплуатационные свойства которой обеспечиваются без удаления слоя материала
	⌋	Знак без указания параметров шероховатости и числового значения применяют для поверхностей материала, не подлежащих по данному чертежу дополнительной обработке, если деталь изготавливается из сортового материала определенного профиля и размера или из полуфабриката, указанных в основной надписи чертежа. При этом состояние поверхности должно удовлетворять требованиям, установленным в соответствующих стандартах или технических условиях. Это могут быть не только грубые поверхности, но и шлифованные, полированные, имеющие специальные покрытия и т. п.

Элемент обозначения	Обозначение	Пояснение
Нормируемый параметр шероховатости	$\sqrt{0,63} \quad \sqrt{0,63}$	В обозначении шероховатости числовое значение параметра $R_a$ указывают без символа
	$\sqrt{R_z 20} \quad \sqrt{R_z 20}$	В обозначении шероховатости числовые значения параметров $R_z, R_{max}, S_m, S, t_p$ указывают после соответствующего символа, например: $R_z 20; R_{max} 6,3; S_m 0,04; t_p 80$ (относительная опорная длина профиля $t_p = 80\%$ при уровне сечения профиля $p = 50\%$ )
Размерность числовых значений параметров шероховатости в условном обозначении	—	Значения параметров $R_a, R_z$ и $R_{max}$ указывают в мкм, значения параметров $S_m$ и $S$ — в мм, значения параметра $t_p$ — в %, значения уровня сечения $p$ для параметра $t_p$ — в % от $R_{max}$
Способ нормирования числовых значений параметров шероховатости	$\sqrt{0,4} \quad \sqrt{R_z 40} \quad \sqrt{S_m 0,63} \quad \sqrt{t_{50} 50}$	При нормировании требований к шероховатости указанием наибольшего допускаемого значения параметра в обозначении шероховатости приводят числовое значение параметра, соответствующее наиболее грубой допускаемой шероховатости, т. е. наибольшие предельные значения параметров $R_a, R_z, R_{max}, S_m, S$ и наименьшее предельное значение параметра $t_p$ . Наиболее распространенный способ применительно к деталям машин и приборов
	$\sqrt{1,00} \quad \sqrt{0,63} \quad \sqrt{R_z 0,080} \quad \sqrt{0,032}$	При нормировании требований к шероховатости указанием диапазона значений параметра в обозначении шероховатости приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки. В верхней строке должно быть приведено значение параметра, соответствующее большей шероховатости. Способ применяется в отдельных случаях, когда для правильного функционирования недопустима слишком гладкая поверхность
	$\sqrt{1 \pm 20\%} \quad \sqrt{R_z 80-10\%} \quad \sqrt{t_{50} 70 \pm 20\%}$	При нормировании параметра номинальным значением оно указывается с предельными отклонениями в процентах. Предельные отклонения выбирают из ряда: 10; 20; 40 % и могут быть односторонними (со знаком плюс или минус) или симметричными ( $\pm$ ). Способ применяют в основном для образцов сравнения шероховатости поверхности или для образцовых деталей

Элемент обозначения	Обозначение	Пояснение
Одновременное нормирование двух и более параметров шероховатости для одной и той же поверхности		Числовые значения записывают сверху вниз в следующем порядке: параметр высоты неровностей; параметр шага неровностей; параметр $t_p$ . В приведенном примере значение параметра $R_a$ должно быть не более 0,1 мкм, параметра $S_m$ — в пределах 0,040—0,063 мм, параметра $t_p$ при уровне сечения профиля 50 % — в пределах 50—70 %
Дополнительные данные (вносятся лишь при необходимости):		При указании дополнительных данных применяют знаки с полкой
базовая длина		Указывается в тех случаях, если для устанавливаемого значения параметра $R_a$ или $R_z$ в табл. 6.5 не задана базовая длина или если требуется нормировать значение параметра шероховатости на базовой длине, отличающейся от заданной в табл. 6.5 (значение базовой длины выбирается из ряда, приведенного в п. 6.4)
направление неровностей		Указывается с помощью знаков по табл. 16.4 в тех случаях, когда направление неровностей влияет на функциональные свойства поверхности
вид обработки поверхности		Указывается только в случаях, когда данный вид обработки является единственным, обеспечивающим требуемое качество поверхности. При этом в зависимости от вида обработки применяют или знак обязательного удаления слоя, или знак обязательного сохранения поверхностного слоя
Упрощенное обозначение шероховатости поверхностей		В упрощенном обозначении используют знак $\nabla$ и строчные буквы русского алфавита в алфавитном порядке (без повторения), в технических требованиях приводят разъяснение, например

Примечание. Под окончательной обработкой поверхности понимают последнюю операцию, результатом которой является достижение требуемого состояния поверхности.

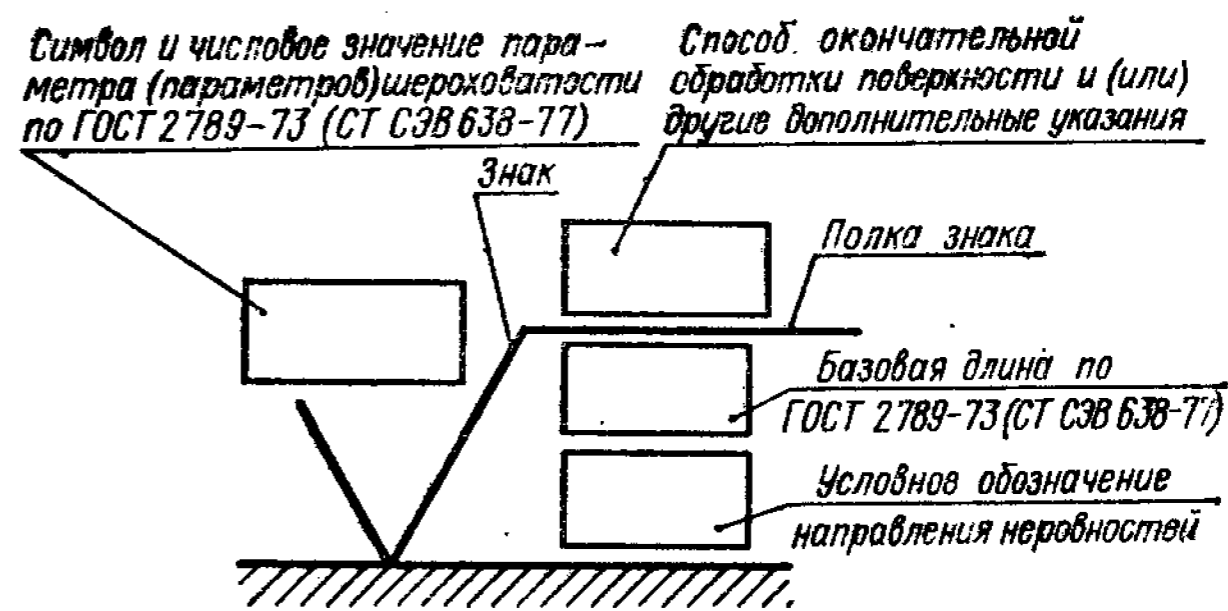


Рис. 16.18. Структура обозначения шероховатости поверхностей на чертежах

начении шероховатости при необходимости. Высота знака условного обозначения расположения неровностей должна быть приблизительно равна  $h$  (см. рис. 16.19). Толщина линий знака должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии.

Нанесение обозначений шероховатости поверхностей на чертежах. Обозначение шероховатости следует ставить на тех видах и разрезах, на которых поставлены размеры, относящиеся к соответствующим частям детали.

Знак для обозначения шероховатости поверхности должен касаться вершиной или линии контура поверхности детали (заготовки), или выносной линии (по возможности ближе к размерной линии), или полки линии-выноски; высота знака должна располагаться нормально к этим линиям (рис. 16.20, а).

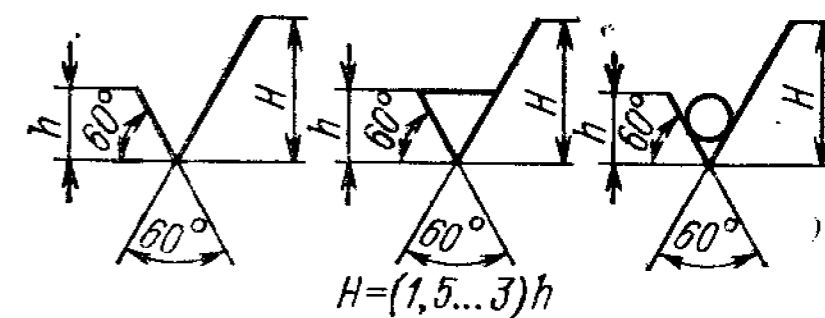
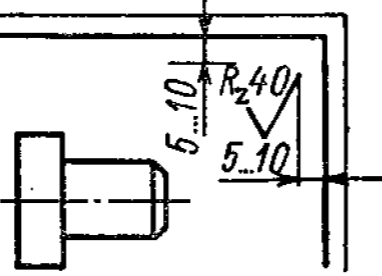
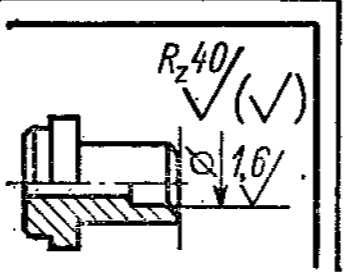
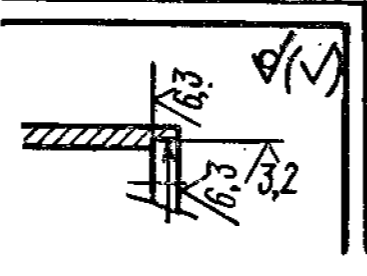
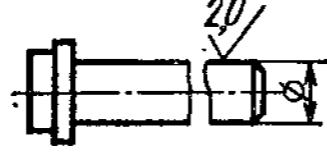
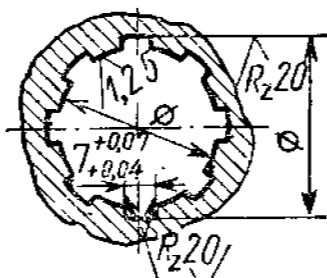


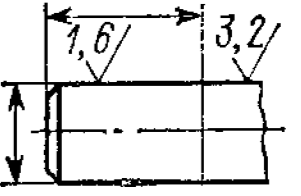
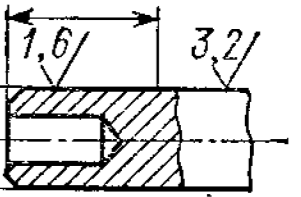
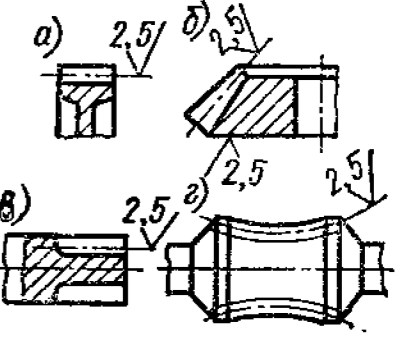
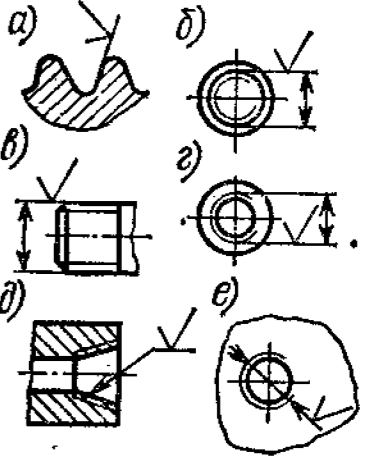
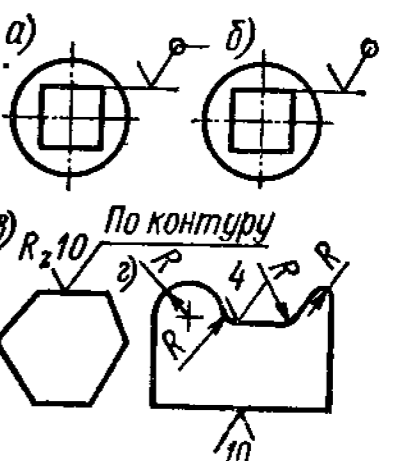
Рис. 16.19. Знаки для обозначения шероховатости на чертежах

Таблица 16.4. Условные обозначения направлений неровностей на чертежах по ГОСТ 2.309—73\* (СТ СЭВ 1632—79)

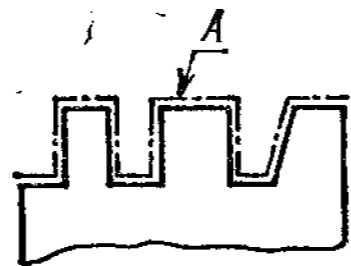
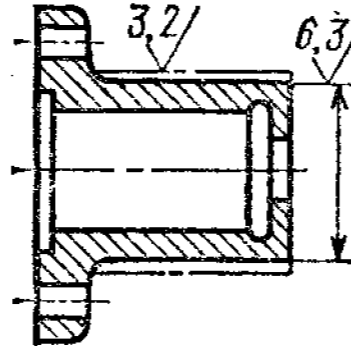
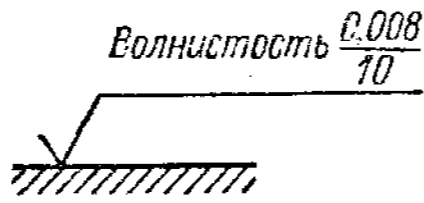
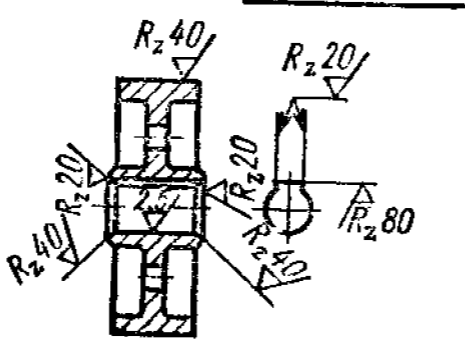
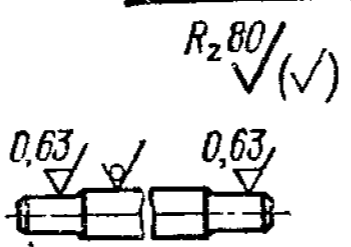
Схематическое изображение неровностей по табл. 6.7	Обозначение		Схематическое изображение неровностей по табл. 6.7	Обозначение	
	условное	на чертеже		условное	на чертеже
	=			С	
	⊥			R	
	×			P	
	M				

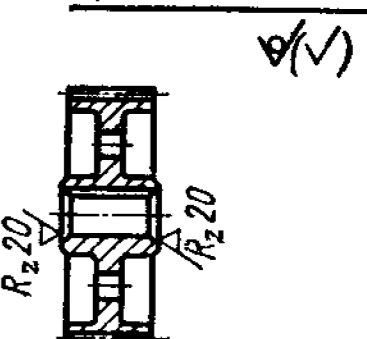
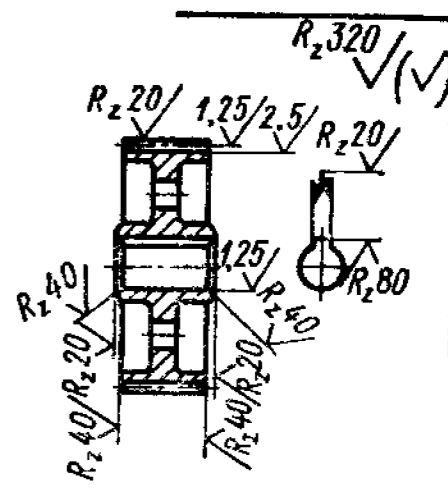
**Таблица 16.5. Нанесение на чертежах обозначений шероховатости поверхностей по ГОСТ 2.309—73\* (СТ СЭВ 1632—79)**

Требования к шероховатости поверхности деталей	Примеры нанесения обозначений
<p>Обозначение шероховатости, одинаковой для всех поверхностей изделия, следует помещать в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносить</p> <p>Допускается обозначение шероховатости, одинаковой для всех поверхностей изделия, помещать в технических требованиях</p> <p>Размеры знака в обозначении, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, наносимых на изображении</p>	
<p>Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, должно быть помещено в правом верхнем углу чертежа вместе со знаком (✓). Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости или знак ✓, должны иметь шероховатость, указанную перед знаком (✓). Размеры знака ✓, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображении</p>	
<p>Если часть поверхностей не обрабатывается по данному чертежу, в правом верхнем углу чертежа перед обозначением (✓) помещают знак ✓. Не допускается обозначение шероховатости или знак ✓ выносить в правый верхний угол чертежа при наличии в изделии поверхностей, шероховатость которых не нормируется</p>	
<p>При изображении детали с разрывом обозначение должно быть нанесено только на одной из частей изображения, по возможности ближе к месту указания размера</p>	
<p>Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, зубьев и т. п.), количество которых в изделии указано в чертеже, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности следует наносить один раз, независимо от числа изображений</p>	

Требования к шероховатости поверхности деталей	Примеры нанесения обозначений
<p>Если шероховатость одной и той же поверхности должна быть различной на отдельных ее участках, необходимо разграничить эти участки сплошной тонкой линией и нанести соответствующие размеры и обозначения шероховатости</p>	
<p>Через заштрихованную часть изображения линию границы между участками проводить не допускается</p>	
<p>Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т. п., профиль которых не изображен на чертеже, следует наносить на линии делительной поверхности (а, б, в), а для червяков и сопрягаемых с ними колес — на линии расчетной окружности (г)</p>	
<p>Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы следует наносить: по общим правилам — при изображении профиля (а); условно — на выносной линии для указания размера резьбы (б — д) или на размерной линии или ее продолжении (е)</p>	
<p>Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят один раз: а — для знака с полкой; б — для знака без полки. Диаметр вспомогательного знака О — от 4 до 5 мм. Допускается заменять знак О надписью «По контуру» на полке знака обозначения шероховатости (в). В обозначении шероховатости двух или более поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак или надпись «По контуру» не приводится (г)</p>	



Требования к шероховатости поверхности деталей	Примеры нанесения обозначений
<p>Обозначение шероховатости, одинаковой на всех участках поверхности сложного профиля, допускается приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, например: «Шероховатость поверхности А — <math>\sqrt{12,5}</math>». При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски, проведенной от штрихпунктирной утолщенной линии, которой обводят поверхность на расстоянии 0,8—1 мм от линии контура</p>	
<p>В технически обоснованных случаях допускается указывать одновременно шероховатость поверхности до нанесения покрытия и после него. При этом обозначение шероховатости поверхности до нанесения покрытия наносят по общим правилам, а обозначение шероховатости поверхности после нанесения покрытия — на утолщенной штрихпунктирной линии. В некоторых случаях указывают шероховатость только после нанесения покрытия со ссылкой в технических требованиях чертежа, например: «Шероховатость поверхностей после покрытия»</p>	
<p>Волнистость поверхности указывают на чертеже знаком с надписью и числовым значением</p>	
<p>Поверхности, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции, знаком шероховатости не обозначаются. (В подобных случаях нельзя выносить обозначение шероховатости в правый верхний угол чертежа, так как при этом неизбежны ошибки в понимании чертежа)</p>	
<p>По данному чертежу обусловлена обработка и определяется шероховатость только шипов и торцов вала. Требования к шероховатости поверхности, обозначенной знаком <math>\surd</math>, определены стандартом на сортамент (на этот стандарт должна быть ссылка в графе «Материал» основной надписи — угловым штампом чертежа)</p>	

Требования к шероховатости поверхности деталей	Примеры нанесения обозначений
<p>По данному чертежу предусмотрена обработка и определяется шероховатость только торцовых поверхностей ступицы (чертеж доработки). Требования к шероховатости остальных поверхностей обусловлены другим чертежом (по которому изготовлялось данное колесо). На этот чертеж должна быть ссылка на данном чертеже (в графе «Материал» основной надписи)</p>	
<p>По данному чертежу предусмотрено изготовление и определяется шероховатость всех поверхностей детали вне зависимости от возможных технологических способов их изготовления: механической обработки резанием, штамповки,ковки, литья и др.</p>	

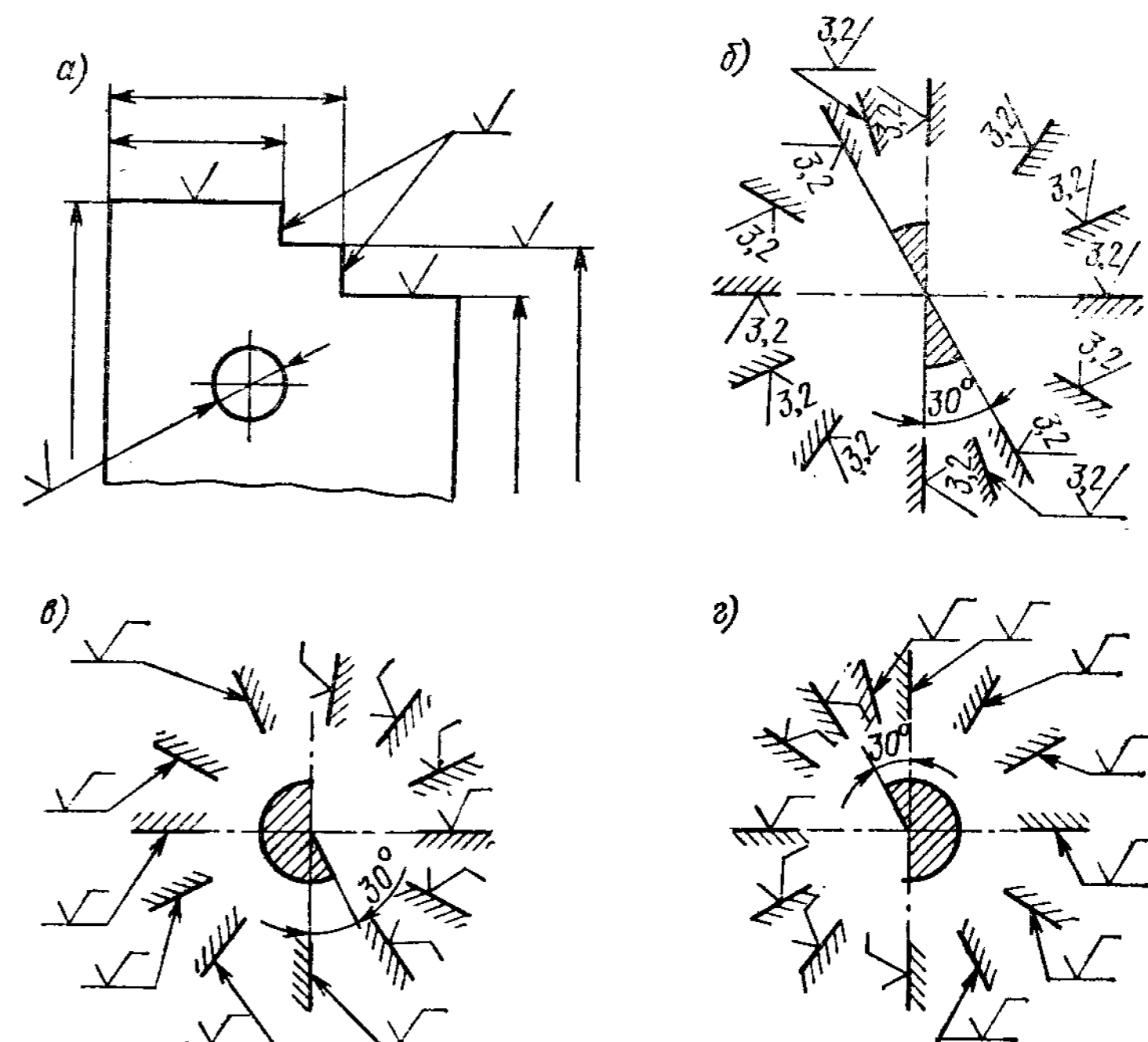
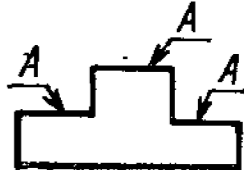
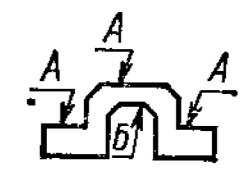
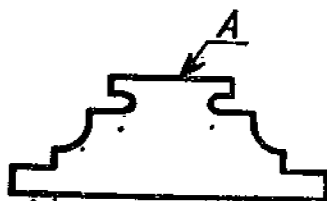
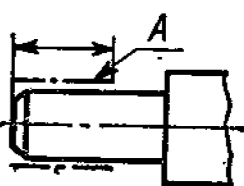
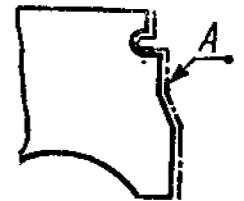
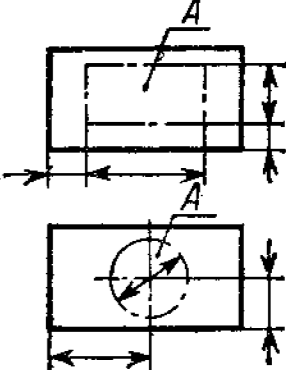


Рис. 16.20. Расположение знаков шероховатости на чертежах

Таблица 16.6. Нанесение на чертежах обозначений покрытий по ГОСТ 2.310—68\* (СТ СЭВ 367—76)

Случаи указания покрытий поверхностей	Отметки поверхностей, подлежащих покрытию
<p>При нанесении одинакового покрытия на несколько поверхностей их обозначают одной буквой и запись делают по типу: «Покрытие поверхностей А ...»</p>	
<p>При нанесении различных покрытий на несколько поверхностей изделия их обозначают разными буквами и запись делают по типу: «Покрытие поверхностей А ..., поверхности В ...»</p>	
<p>Если одно и то же покрытие наносят на большое количество поверхностей изделия, а на остальные поверхности наносят другое покрытие или их оставляют без покрытия, то последние обозначают буквами и запись делают по типу: «Покрытие поверхности А ..., остальных ...» или «Покрытие ..., кроме поверхности А»</p>	
<p>Если необходимо нанести покрытие на поверхность сложной конфигурации или на часть поверхности, которую нельзя однозначно определить, то такие поверхности обводят штрихпунктирной утолщенной линией на расстоянии 0,8—1 мм от контурной линии, обозначают их одной буквой и проставляют размеры, определяющие положение этих поверхностей: запись делают по типу: «Покрытие поверхности А ...»</p>	
<p>Размеры, определяющие положение поверхности, на которую должно быть нанесено покрытие, допускается не проставлять, если они ясны из чертежа</p>	
<p>Участки поверхности, подлежащие покрытию, отмечают с указанием размеров, определяющих положение этих участков</p>	

При недостатке места допускается располагать знаки на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию (рис. 16.20, а). Допускается наносить обозначение на линии невидимого контура, если от этой линии нанесен размер.

Обозначение шероховатости поверхности, если знак не имеет полки, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 16.20, б, а знаки с полкой располагают, как показано на рис. 16.20, в, г.

При расположении поверхности в заштрихованной зоне обозначение наносят только на полке линии-выноски.

Примеры нанесения на чертежах обозначений шероховатости поверхностей приведены в табл. 16.5.

### 16.7. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки

Нанесение на чертежах обозначений покрытий. Правила нанесения на чертежах изделий всех отраслей промышленности обозначений покрытий (защитных, декоративных, электроизоляционных, износостойчивых и т. п.), а также показателей свойств материалов, получаемых в результате термической и других видов обработки [химико-термической, деформационного упрочнения (наклепа) и т. п.] установлены стандартом [160].

Обозначение покрытия по ГОСТ 9.073—77, ГОСТ 9.032—74 и др. (см. п. 2.5) или отраслевому стандарту или все данные, необходимые для выполнения нестандартизованного покрытия, приводят в технических требованиях чертежа после слова «Покрытие». На изображениях отмечают поверхности, подлежащие покрытию.

В технических требованиях чертежа после обозначения покрытия приводят данные о материалах покрытия (марку и обозначение стандарта или технических условий), указанных в обозначении. Если на все поверхности изделия должно быть нанесено одно и то же покрытие, то запись делают по типу: «Покрытие ...». Если должны быть нанесены покрытия на поверхности, которые можно обозначить буквами или однозначно определить

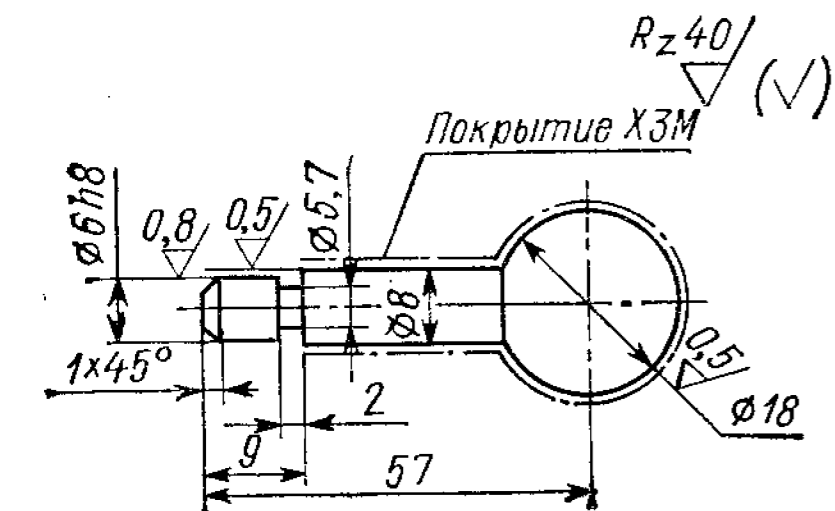


Рис. 16.21. Указание на чертежах обозначений покрытий поверхности

(наружная или внутренняя поверхность и т. п.), то запись делают по типу: «Покрытие поверхностей А ...»; «Покрытие наружных поверхностей ...».

В табл. 16.6 и на рис. 16.21 приведены различные случаи указания на чертежах покрытий поверхности. Обозначения покрытий см. в гл. 2.

Нанесение на чертежах показателей свойств материалов. Если изделия подвергаются термической обработке или другому виду обработки, изменяющей свойства материала, то на чертежах этих изделий указывают показатели свойств, приобретаемых в результате обработки, например твердость ( $HRC_s$ ,  $HRB$ ,  $HRA$ ,  $HB$ ,  $HV$ ), предел прочности ( $\sigma_B$ ), предел упругости ( $\sigma_y$ ), ударную вязкость ( $KCU$ ,  $KCV$ ,  $KCT$ ) и т. п.



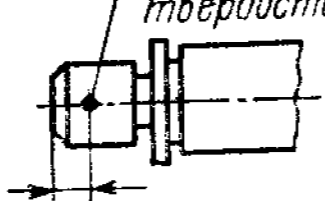
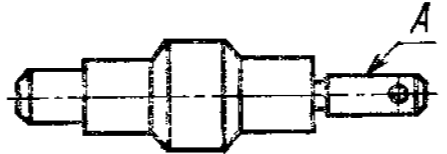
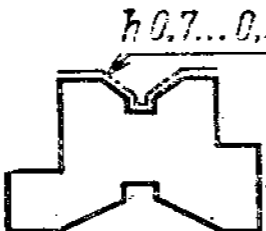
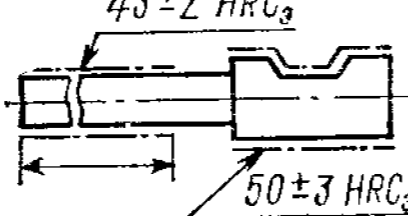
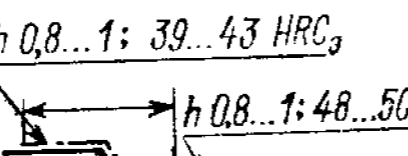
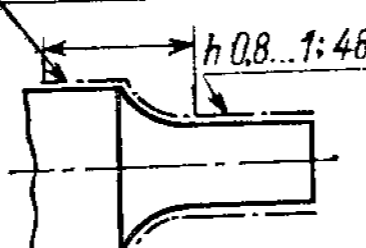

Глубину обработки обозначают буквой  $h$ . Глубину обработки и число твердости материалов на чертежах указывают интервалом предельных значений, например:  $h 0,7...0,9$  мм;  $40...46 HRC_s$ .

В технически обоснованных случаях допускается указывать номинальные значения этих величин с предельными отклонениями, например:  $h 0,8 \pm 0,1$  мм;  $43 \pm \pm 3 HRC_s$ .

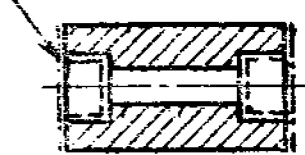
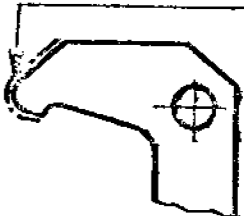
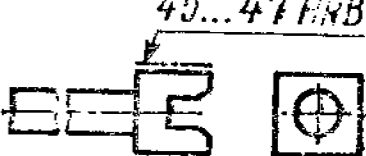
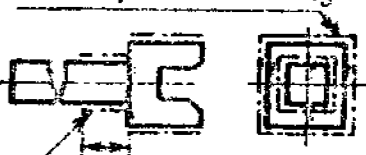

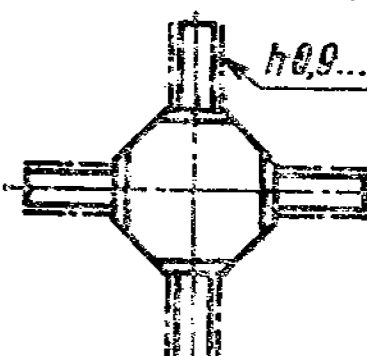
Допускается указывать значения показателей свойств материалов со знаками  $>$  или  $\leq$ , например:  $\sigma_B \geq 150$  МПа;  $HB \leq 200$  и т. п.

В табл. 16.7 приведены различные случаи указания на чертежах свойств материалов.

Т а б л и ц а 16.7. Нанесение на чертежах показателей свойств материалов по ГОСТ 2.310—68\* (СТ СЭВ 367—76)

Случаи указания свойств материалов	Указание на чертежах
<p>Допускается на чертежах указывать виды обработки, результаты которых не подвергаются контролю, например отжиг, а также виды обработки, если они являются единственными, гарантирующими требуемые свойства материала и долговечность изделия. В этих случаях наименование обработки указывают словами или условными сокращениями, принятыми в научно-технической литературе</p>	<p>Азотировать <math>h\ 0,3...0,5; 800...940\ НУ</math></p>  <p>ТВЧ <math>h\ 0,8...1,2; 50...55\ HRC_2</math></p> 
<p>При необходимости в зоне требуемой твердости указывают место испытания твердости</p>	<p>Место испытания твердости</p> 
<p>Если все изделие подвергают одному виду обработки, то в технических требованиях делают запись</p>	<p>«40 ... 45 HRC<sub>2</sub>» или «Цементировать <math>h\ 0,7...0,9\ мм;</math> 58 ... 62 HRC<sub>2</sub>» или «Отжечь» и т. п.</p>
<p>Если большую часть поверхностей изделия подвергают одному виду обработки, а остальные поверхности — другому виду обработки или предохраняют от нее, то в технических требованиях делают запись</p>	<p>40 ... 45 HRC<sub>2</sub>, кроме поверхности А</p>  <p><math>h\ 0,7...0,9; 50...55\ HRC_2</math></p>  <p>30 ... 35 HRC<sub>2</sub>, кроме места, обозначенного особо</p>
<p>Если обработке подвергают отдельные участки изделия, то показатели свойств материала и при необходимости способ получения этих свойств указывают на полках линий-выносок, а участки изделия, которые должны быть обработаны, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией, проводимой на расстоянии 0,8—1 мм от них, с указанием размеров, определяющих поверхности</p>	<p><math>43\pm 2\ HRC_2</math></p>  <p><math>50\pm 3\ HRC_2</math></p>  <p><math>h\ 0,8...1; 39...43\ HRC_2</math></p>  <p><math>h\ 0,8...1; 48...50\ HRC_2</math></p> 

Продолжение табл. 16.7

Случаи указания свойств материалов	Указание на чертежах
<p>Размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, допускается не проставлять, если они ясны из данных чертежа</p>	<p><math>h\ 0,8...1; 75...80\ HRA</math></p>  <p><math>h\ 0,6...0,8; 51...60\ HRC_2</math></p> 
<p>Поверхности изделия, подвергаемые обработке, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией на той проекции, на которой они ясно определены</p>	<p>45...47 HRB</p> 
<p>Допускается отмечать эти поверхности и на других проекциях, при этом надпись с показателями свойств материала, относящимися к одной и той же поверхности, наносят один раз</p>	<p><math>h\ 0,8...1,2; 45...50\ HRC_2</math></p>  <p><math>h\ 0,8...1,2; 45...50\ HRC_2</math></p> 
<p>При одинаковой обработке симметричных участков или поверхностей изделия отмечают штрихпунктирной утолщенной линией все поверхности, подвергаемые обработке, а показатели свойств материала указывают один раз</p>	<p><math>h\ 0,9...1,2; 58...62\ HRC_2</math></p> 
<p>При обработке поверхностей или участков изделия, определяемых термином или техническим понятием (например, рабочая часть или хвостовик режущего инструмента, поверхности зубьев зубчатого колеса или поверхности, обозначенные буквами, и т. п.), допускается (если это не приведет к неоднозначному пониманию чертежа) не отмечать штрихпунктирной утолщенной линией, а в технических требованиях делать запись</p>	<p>«Хвостовик <math>h\ 0,8...1\ мм;</math> 47 ... 50 HRB»; «Поверхность А — 45 ... 50 HRC<sub>2</sub>»</p>
<p>Примечания: 1. Если надписи с указанием свойств материала и размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, затрудняют чтение чертежа, то допускается приводить их на дополнительном упрощенном изображении, выполненном в уменьшенном масштабе. 2. При наличии на изделии участков поверхностей с различными требованиями к свойствам материала эти требования указывают отдельно для каждого участка. 3. Штрихпунктирную линию проводят на расстоянии 0,8—1 мм от линий контура изображения, длина штриха 3—8 мм, расстояние между штрихами 3—4 мм.</p>	



## 16.8. Надписи, технические требования и таблицы на чертежах

Данные, относящиеся к характеристике или процессу изготовления детали, которые неудобно или невозможно показать на чертеже графически и при помощи условных обозначений, приводят в текстовой части чертежа.

Текстовая часть может содержать: а) технические требования и (или) технические характеристики по ГОСТ 2.316—68\* (СТ СЭВ 856—78); б) надписи с обозначением изображений, а также относящиеся к отдельным элементам изделия, например по ГОСТ 2.310—68\* (СТ СЭВ 367—76); в) таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями, контрольными комплексами, условными обозначениями и т. д.

Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. В надписях на чертежах не должно быть сокращений слов, за исключением общепринятых, а также установленных в стандартах.

В текстовой части не допускается помещать технологические указания, за исключением случаев, когда такие указания могут обеспечить требуемое качество детали (например, указания типа «Развальцевать», «Притереть», «Обработать совместно с деталью...» и т. п.)

К техническим требованиям относятся: 1) технические требования к материалу детали, заготовке и термической обработке; 2) требования к качеству поверхности детали, покрытию, отделке, окраске и др.; 3) некоторые размеры с их допускаемыми предельными отклонениями от номинальных; 4) отклонения формы и взаимного расположения поверхностей детали; 5) условия и методы испытаний; 6) указания о маркировании и клеймении; 7) правила транспортирования и хранения; 8) особые условия эксплуатации; 9) ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Текст технических требований размещают над основной надписью в перечисленном выше порядке со сквозной нумерацией пунктов. Каждый пункт записывают с новой строки. Заголовок «Технические требования» не пишут.

В случае, если необходимо указать техническую характеристику изделия, ее размещают отдельно от технических требований, с самостоятельной нумерацией пунктов, на свободном поле чертежа под заголовком «Техническая характеристика». При этом над техническими требованиями помещают заголовок «Технические требования». Оба заголовка не подчеркивают.

На чертеже изделия, для которого стандартом установлена таблица параметров (например, зубчатого колеса, червяка и т. п.), ее помещают по правилам, установленным соответствующим стандартом. Все другие таблицы размещают на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполняют по ГОСТ 2.105—79\*.

При выполнении чертежа на двух и более листах текстовую часть помещают только на первом листе независимо от того, на каких листах находятся изображения, к которым относятся указания, приведенные в текстовой части.

Надписи, относящиеся к отдельным элементам предмета и наносимые на полках линий-выносок, помещают на тех листах чертежа, на которых они являются наиболее необходимыми для удобства чтения чертежа.

Надписи, относящиеся непосредственно к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней.

На листах формата более А4 допускается размещение текста в две и более колонки. Ширина колонки должна быть не более 185 мм.

На чертеже оставляют место для продолжения таблицы изменений. Текст на поле чертежа, таблицы, надписи с обозначением изображений, а также надписи, связанные непосредственно с изображением, располагают, как правило, параллельно основной надписи чертежа (рис. 16.22).

Надписи к отдельным элементам деталей, например данные по числу отверстий, канавок, выемок, спиц, зубьев и др., по толщине, указания о лицевой стороне материала, а также сведения о покрытиях, термообработке и указанных выше технологических процессах («Развальцевать», «Зачистить», «Кернить» и т. п.), наносят на полках линий-выносок, проводимых от элементов, к которым относятся надписи.

Линию-выноску, пересекающую контур изображения и не отводимую от какой-либо линии, заканчивают точкой (рис. 16.22, а).

Линию-выноску, отводимую от линий видимого и невидимого контура, а также от линий, обозначающих поверхности, заканчивают стрелкой (рис. 16.22, б, в).

На конце линии-выноски, отводимой от всех других линий, не должно быть ни стрелки, ни точки (рис. 16.22, г).

Линии-выноски не должны пересекаться между собой, не быть параллельными линиями штриховки (если линия-выноска проходит по заштрихованному полю) и не пересекать (по возможности) размерные линии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись. Допускается выполнять линии-выноски с одним изломом (рис. 16.22, д), а также проводить одну полку от двух или более линий-выносок (рис. 16.22, е).

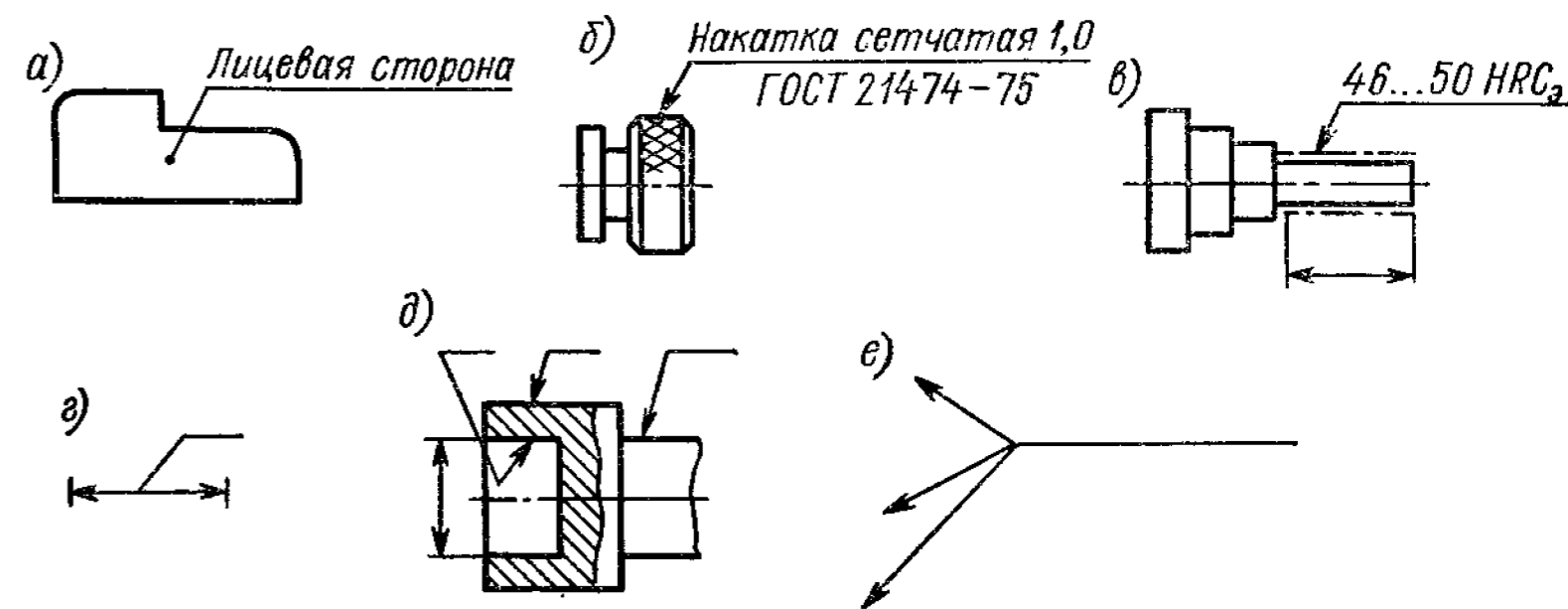


Рис. 16.22. Нанесение надписей на чертежах

Для обозначения на чертеже видов, разрезов, сечений и поверхностей изделия применяют прописные буквы русского алфавита. Буквенные обозначения присваивают сначала видам, разрезам, сечениям, затем прочим элементам. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в два раза. Буквенные обозначения подчеркивают.

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают непосредственно под надписью, относящейся к изображению, например:

$$\frac{A - A}{M1 : 1}; \quad \frac{\text{Вид Б}}{M5 : 1}; \quad \frac{I}{M2 : 1}.$$

Таблицы, помещенные на чертеже, нумеруют в пределах чертежа при наличии ссылок на них в технических требованиях. При этом над таблицей справа ставят слово «Таблица» с порядковым номером (без знака №).

Если на чертеже только одна таблица, то ее не нумеруют и слово «Таблица» не пишут.

## 16.9. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий

**Маркирование** — нанесение на изделие знаков, характеризующих это изделие. **Маркировка** — совокупность знаков, характеризующих изделие, например: обозначение, шифр, номер партии (серии), порядковый номер, дата изготовления, товарный знак предприятия-изготовителя, марка материала, группа селективности, монтажные или транспортные знаки и т. п.

**Клеймение** — нанесение на изделие знаков, удостоверяющих его качество. **Клеймо** — знак, удостоверяющий качество изделия.

Указания о маркировании и клеймении помещают в технических требованиях чертежа и начинают словами: «Маркировать ...» или «Клеймить ...».



Указания о клеймении на чертежах помещают только в тех случаях, когда необходимо предусмотреть на изделии определенное место клеймения, размеры и способ нанесения клейма.

Место нанесения маркировки или клейма на изображении изделия отмечают точкой и соединяют ее линией-выноской со знаками маркирования или клеймения, которые располагают вне изображения. Знак маркирования — окружность диаметром 10—15 мм (рис. 16.23, а), знак клеймения — равносторонний треугольник высотой 10—15 мм (рис. 16.23, б). Внутри знака помещают номер соответствующего пункта технических требований, в котором приведены указания о маркировании и клеймении. Знаки маркирования и клеймения выполняют сплошными основными линиями.

Если маркированию или клеймению подлежат определенные части изделия (головка болта, торец вала и т. п.), то знаки маркирования или клеймения на чертеже не наносят, а место нанесения маркировки или клейма указывают в технических требованиях.

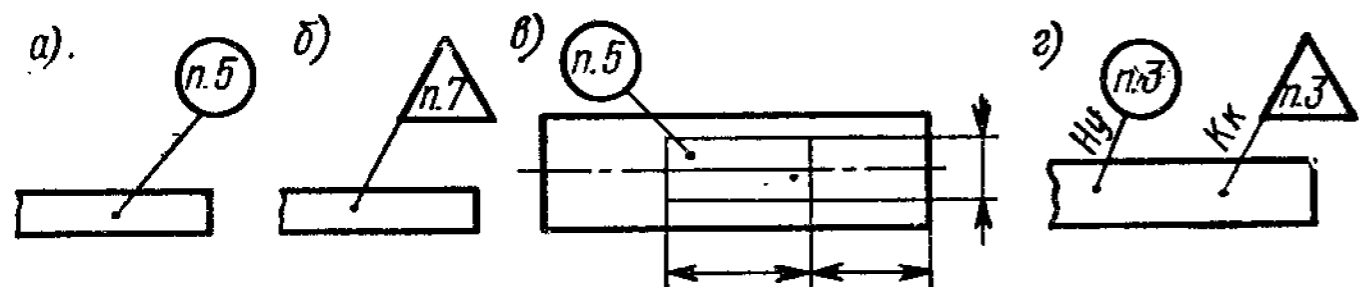


Рис. 16.23. Нанесение на чертеже маркировки и клейма

Если указания о маркировании и клеймении помещают в технических условиях на изделие, то на чертеже изделия делают следующую запись: «Маркировать по ТУ...».

Если маркировка и клеймо необходимы, но нанесение их на изделие нецелесообразно или невозможно по конструктивным соображениям, то в технических требованиях помещают соответствующее указание, например: «Маркировать... на бирке» или «Клеймить... на бирке».

При необходимости ограничить участок поверхности для нанесения маркировки или клейма наносят сплошной тонкой линией границы участка и указывают его размеры (рис. 16.23, в) или изображают маркировку или клеймо, наносимые на изделие.

Указания о маркировании и клеймении должны определять: а) содержание маркировки и клейма; б) место нанесения; в) способ нанесения (при необходимости); г) размер шрифта (при необходимости).

С целью сокращения объема надписей на чертеже допускается указание о содержании и способе нанесения маркировки или клейма приводить буквенными обозначениями (приложение к стандарту [164]), которые помещают на наклонном участке линии-выноски.

Пример нанесения на чертеже обозначений заводского номера изделия (Н) ударным способом (у) и клейма окончательной приемки (К) краской (к) при наличии в технических условиях на изделие всех данных о маркировании и клеймении приведен на рис. 16.23, г.

## 16.10. Нанесение размеров

Проставляя размеры, конструктор решает три основных вопроса.

1. Какие размеры проставить (назначить) на чертеже, чтобы для каждого элемента детали они были заданы не только геометрически полно, технологически грамотно, но и согласованы с производственным процессом, типичным для изготовления данной детали (разметка, обработка, контроль)? При этом приходится решать, какие именно элементы детали лучше принять за размерные базы для отсчета и измерения контролируемых размеров.

2. Как нанести уже назначенные размеры на чертеже, чтобы при чтении они были понятны исполнителям?

3. Какие размеры на чертеже детали необходимо согласовать с соответствующими размерами смежных сопрягаемых деталей, находящихся во взаимодействии с данной?

Размеры проставляют от размерных баз, которые выбраны с учетом технологических и конструктивных требований.

ГОСТ 2.307—68\* [157] устанавливает общие правила нанесения размеров. Стандарт также устанавливает сокращенные записи и условности при нанесении размеров, дает общие правила нанесения выносных и размерных линий, вписывания размерных чисел и основные правила распределения размеров на чертежах.

Общие положения. Основанием для определения величины изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже. Общее число размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называются справочными. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком \*, а в технических требованиях записывают: «\*Размеры для справок». Если все размеры на чертеже справочные, их знаком \* не отмечают, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок».

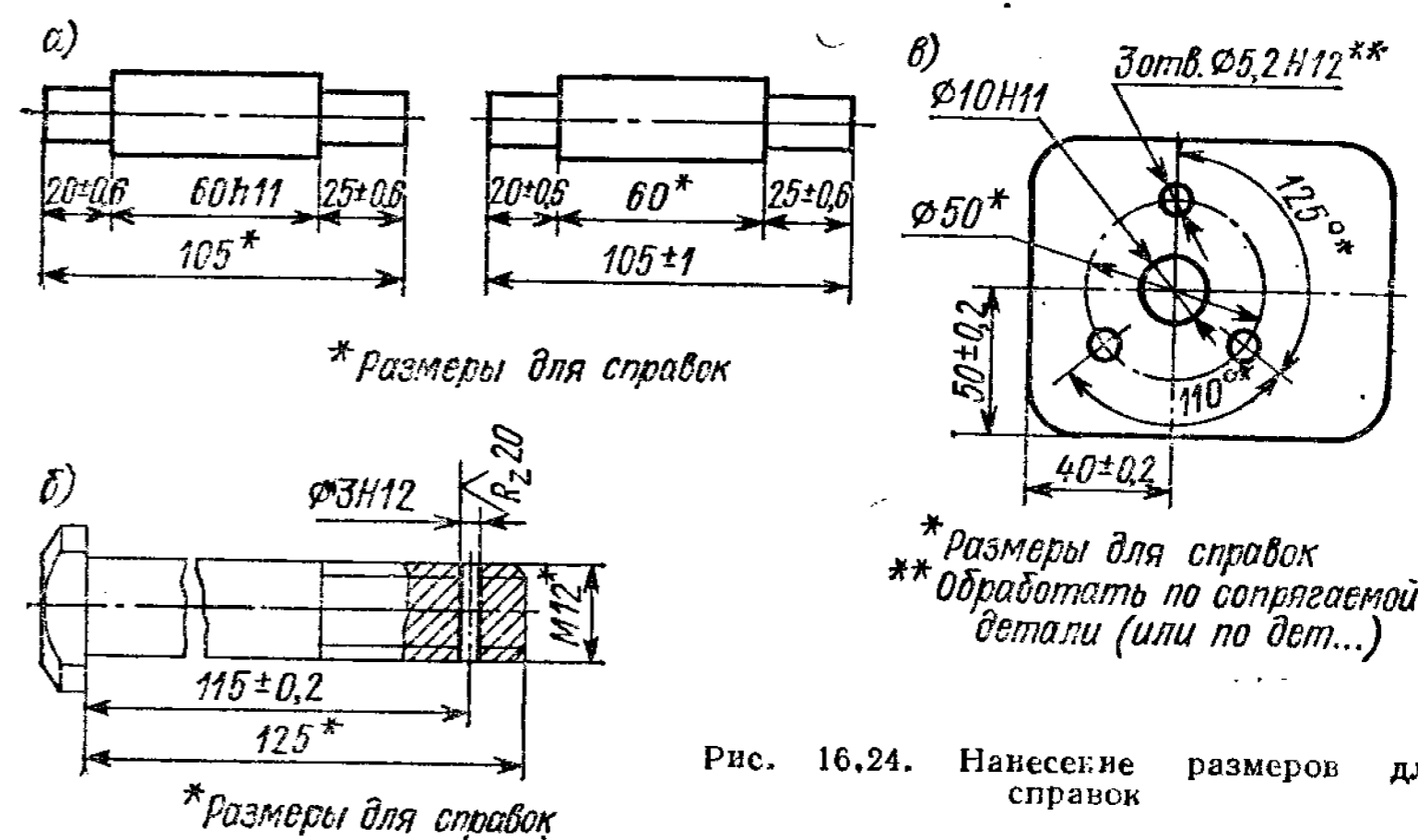


Рис. 16.24. Нанесение размеров для справок

К справочным относят следующие размеры: 1) один из размеров замкнутой размерной цепи; предельные отклонения таких размеров на чертеже не указывают (рис. 16.24, а); 2) размеры, которые переносят с чертежей изделий-заготовок (рис. 16.24, б); 3) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали (рис. 16.24, в); 4) размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например ход поршня, ход штока клапана двигателя внутреннего сгорания и т. п.; 5) размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей детали и используемые в качестве установочных и присоединительных; 6) габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей; 7) размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенным в основной надписи в графе «Материал».

Установочными и присоединительными называются размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию. Габаритными называются размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.

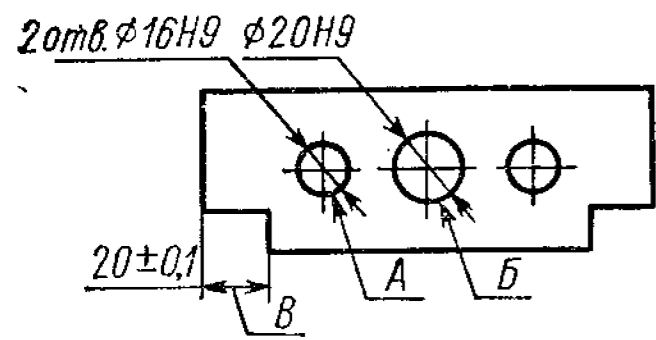
Все размеры детали на чертеже должны быть нанесены с предельными отклонениями (исключения составляют размеры неотчетливых фасок и радиусов закруглений). Допускается не указывать предельные отклонения в следующих случаях.

1. Для размеров, определяющих зоны различной шероховатости одной и той же поверхности, зоны термообработки, покрытия, отделки, накатки, насечки, а также для диаметров накатанных и насеченных поверхностей. В этих случаях непосредственно у таких размеров наносят знак ≈.

2. Для размеров деталей изделий единичного производства, задаваемых с припуском на пригонку. На чертежах таких деталей в непосредственной близости от указанных размеров наносят знак \*, а в технических требованиях указывают: «\* Размеры с припуском на пригонку по дет. № ...»; «\* Размеры с припуском на пригонку по черт. ...»; «\* Размеры с припуском на пригонку по сопрягаемой детали».

На чертежах деталей, которые обрабатываются совместно с другими деталями, должны быть даны соответствующие указания, например: «Сверлить совместно с дет. № ...».

Допуски на свободные размеры (не влияющие на характер соединения деталей) разрешается оговаривать общей надписью на поле чертежа. Если в деталях, изготовляемых из листового, катаного, калиброванного и тому подобного материала стандартных профилей, отдельные части не подвергаются обработке, то размеры этих частей, как правило, проставляют на чертеже без допусков.



1. Отклонение от параллельности осей отв. А и Б не более 0,05 мм
2. Разность размеров В с обеих сторон не более 0,1 мм

Рис. 16.25. Нанесение буквенных обозначений размеров

Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации, за исключением справочных размеров, приведенных на рис. 16.24, б, в.

Если в технических требованиях необходимо дать ссылку на размер, нанесенный на изображении, то этот размер или соответствующий элемент обозначают буквой, а в технических требованиях помещают запись, аналогичную приведенной на рис. 16.25.

Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, проставляют, как правило, от конструкторских баз с учетом возможностей выполнения и контроля этих размеров.

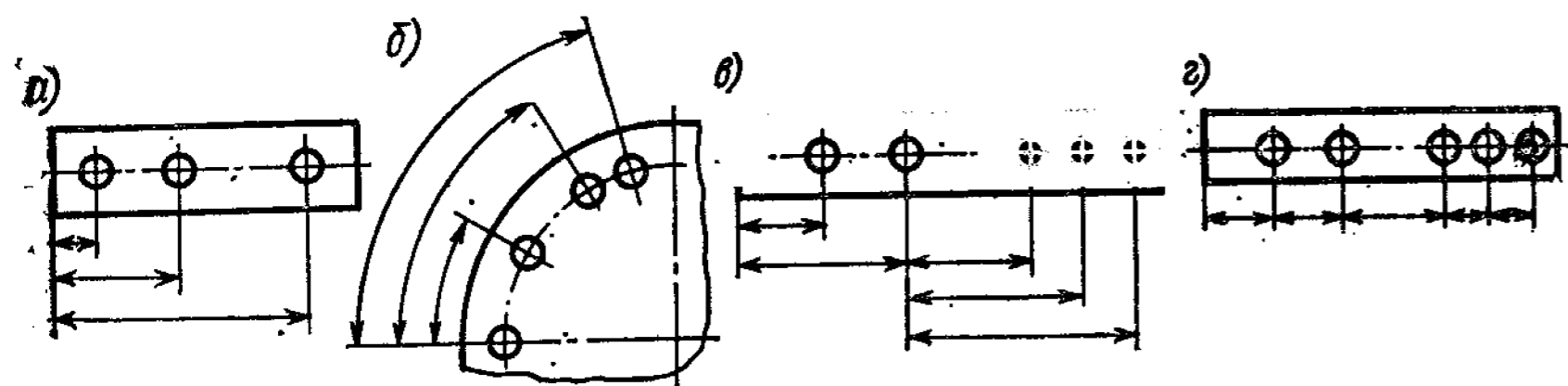


Рис. 16.26. Нанесение размеров от базы

При расположении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т. п.) на одной оси или на одной окружности размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующими способами: 1) от общей базы — поверхности (рис. 16.26, а) или оси (рис. 16.26, б); 2) заданием размеров нескольких групп элементов от нескольких общих баз (рис. 16.26, в); 3) заданием размеров между смежными элементами (цепочкой) (рис. 16.26, г).

Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный (см. рис. 16.24, а).

Размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий, наносят, как показано на рис. 16.27.

При выполнении рабочих чертежей деталей, изготовляемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей механической обработкой части поверх-

ностей детали, указывают не более одного размера по каждому координатному направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке (рис. 16.28).

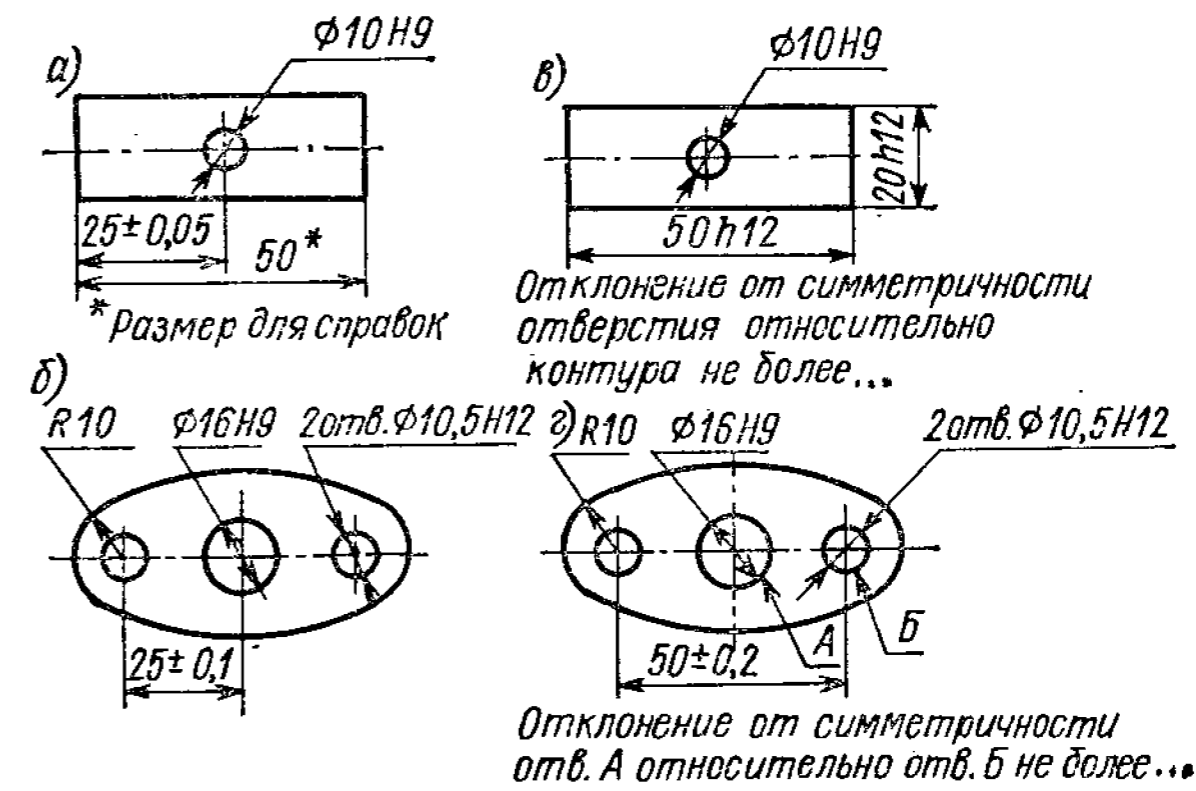


Рис. 16.27. Примеры нанесения размеров, определяющих положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий: а, б — для единичного производства; в, г — для серийного и массового производства

**Размерные и выносные линии. Стрелки.** Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями.

Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии, а при нанесении линии радиуса стрелку проставляют только со стороны определяемой дуги или скругления. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.

Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1—5 мм. Расстояние от размерной линии до параллельной ей линии контура, осевой, выносной и других линий, а также расстояние между параллельными размерными линиями должно быть в пределах 6—10 мм.

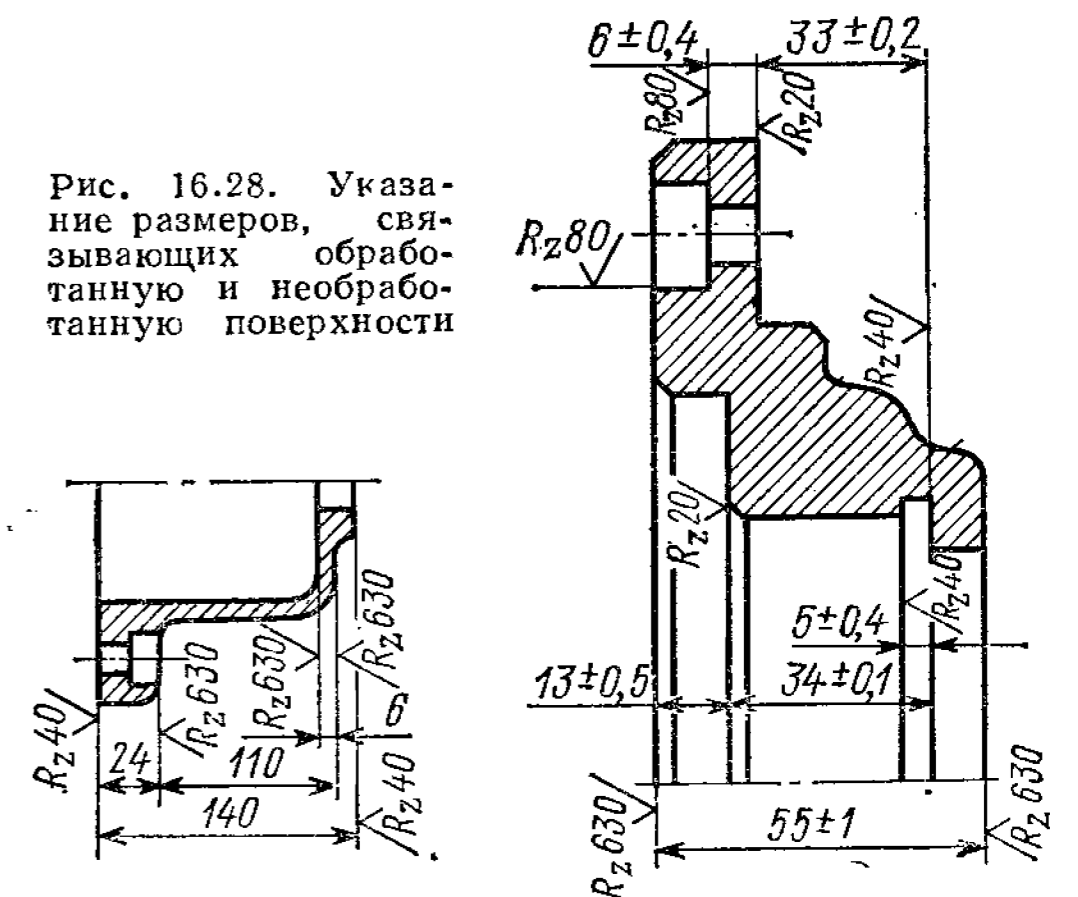
На сборочных чертежах и чертежах общих видов размерные линии располагают в зависимости от величины изображения на расстоянии не менее 10 мм от линии наружного контура.

Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Для этого надо более короткие линии, выносимые за пределы контура, помещать ближе к контуру, а более длинные — дальше от него.

Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные в качестве размерных. Выносные линии проводят от линий видимого контура, за исключением случаев, когда при нанесении размеров на невидимом контуре отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения.

**Размерные числа.** Линейные размеры (длину, высоту, ширину, радиус, диаметр дуги окружности) и предельные отклонения линейных размеров на чертежах указы-

Рис. 16.28. Указание размеров, связывающих обработанную и необработанную поверхности



вают в миллиметрах, без обозначения единицы величины. Для размеров и предельных отклонений, приводимых в технических требованиях, примечаниях и подобных пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы величины.

Угловые размеры и предельные отклонения угловых размеров указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы величины, например:  $4^\circ$ ;  $4^\circ 30'$ ;  $12^\circ 45' 30''$ ;  $30^\circ \pm 1'$ ;  $30^\circ \pm 10'$ . При нанесении углового размера менее  $1^\circ$  или  $1'$  перед их значением указывается  $0^\circ$  или  $0'0'$ , например:  $0^\circ 30' 40''$ ;  $0'0'30''$ .

Для размерных чисел применять простые дроби не допускается.

Правила нанесения на чертежах размерных чисел приведены в табл. 16.11. Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на рис. 16.29, а; если недостаточно места для на-

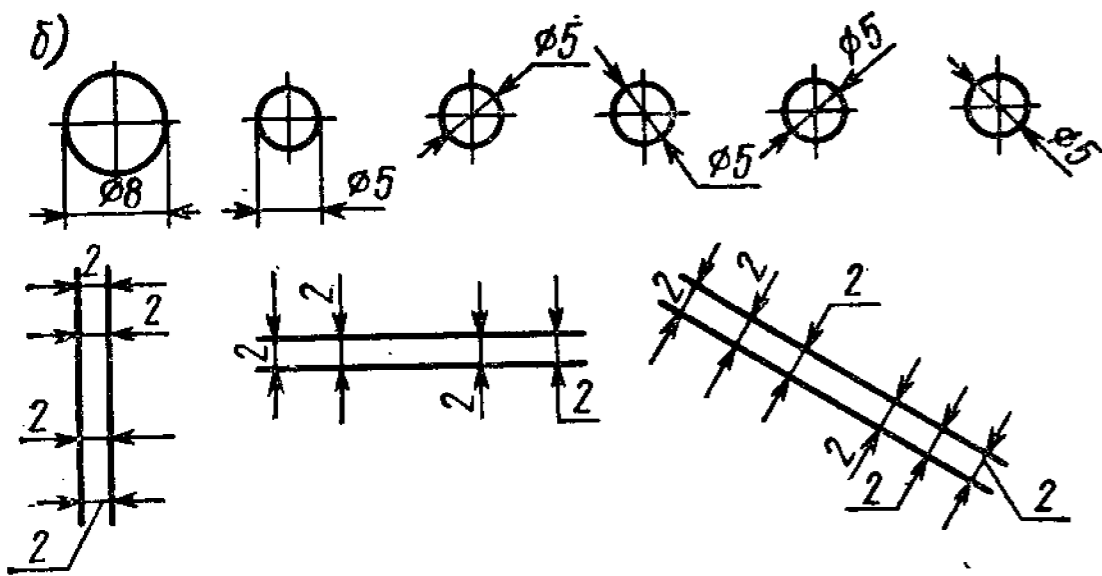
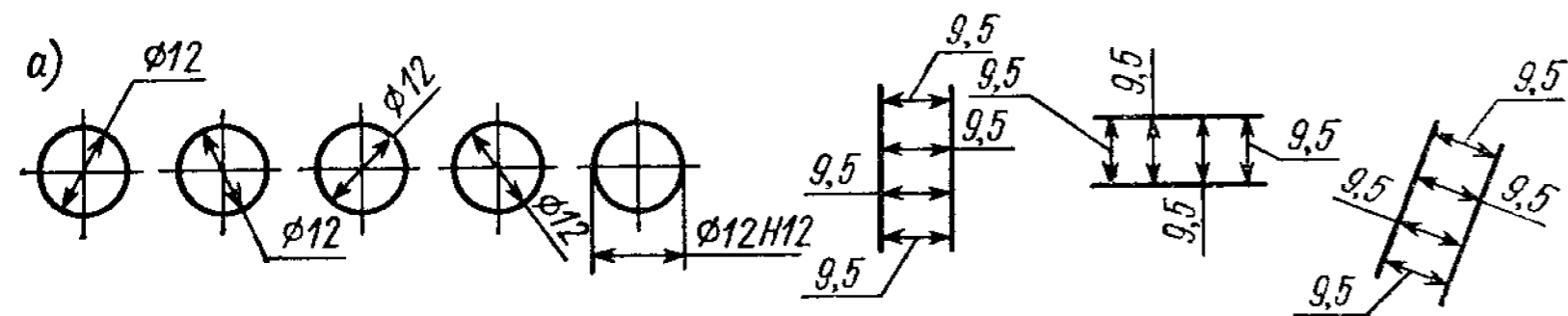


Рис. 16.29. Нанесение размерных чисел на коротких размерных линиях: а — при недостатке места над размерной линией; б — при недостатке места для нанесения стрелок

несения стрелок, то их наносят, как показано на рис. 16.29, б. Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения.

**Знаки.** При указании размеров диаметра, радиуса и других перед размерным числом следует наносить знаки, приведенные в табл. 16.8.

**Сеть размеров.** Совокупность нанесенных на чертеже размеров представляет собой сеть размеров. Сеть размеров должна отражать функциональное назначение изделия.

В зависимости от выбора измерительных баз и необходимой точности изготовления отдельных элементов детали применяют три системы нанесения размеров элементов.

1. Цепная система предусматривает нанесение размеров отдельных элементов последовательно, друг за другом, т. е. размеры являются звеньями одной размерной цепи. При этом цепь должна быть разомкнута, за исключением случаев, когда один из размеров является справочным.

2. Координатная система характерна тем, что размеры наносят на чертеже в виде координат, определяющих положение элементов детали относительно одной и той же ее базовой поверхности.

3. Комбинированная система является сочетанием цепной и координатной. Эта система наиболее распространена, так как обеспечивает удобство измерения при изготовлении и контроле размеров детали без дополнительных их подсчетов. Примеры нанесения размеров от общей базы представлены на рис. 16.30, а, б. В подобных случаях допускается проводить одну общую размерную линию от отметки 0 (рис. 16.30, в, г).

Таблица 16.8. Знаки, применяемые при нанесении размеров по СТ СЭВ 1976—79

Наименование	Условный знак	Пример
Длина дуги	$\overset{\frown}{\phantom{R}}$	$\overset{20}{\frown}$
Радиус	R	R25
Диаметр	$\varnothing$	$\varnothing 25$
Сфера	$\bigcirc$	$\bigcirc \varnothing 40$ ; $\bigcirc R20$
Квадрат	$\square$	$\square 12$
Уклон	$\sphericalangle$	$\sphericalangle 1:100$
Конус	$\triangle$	$\triangle 1:50$
Развертка	$\curvearrowright$	$\curvearrowright 120$

Примечание. Размеры знаков должны быть равны высоте размерного числа, а форма их соответствовать ГОСТ 2.304—81 (СТ СЭВ 851—78 — СТ СЭВ 855—78).

Таблица 16.9. Примеры упрощенного нанесения размеров отверстий на чертежах по ГОСТ 2.318—81 (СТ СЭВ 1977—79)

Тип отверстия и структура записи упрощаемых элементов	Пример упрощенного нанесения размеров отверстия



Тип отверстия и структура записи упрощаемых элементов	Пример упрощенного нанесения размеров отверстия

Примечание. Обозначения элементов отверстий, используемые в структуре записи для различных типов отверстий:  $d_1$  — диаметр основного отверстия;  $d_2$  — диаметр зенковки;  $l_1$  — длина цилиндрической части основного отверстия;  $l_2$  — длина резьбы в глухом отверстии;  $l_3$  — глубина зенковки;  $l_4$  — глубина фаски;  $Z$  — обозначение резьбы по стандарту;  $\varphi$  — центральный угол зенковки;  $\alpha$  — угол фаски.

**Упрощенное нанесение размеров отверстий.** Размеры отверстий на чертежах допускается наносить упрощенно в следующих случаях [167]: 1) диаметр отверстия на изображении 2 мм и менее; 2) отсутствует изображение отверстий в разрезе (сечении) вдоль оси; 3) нанесение размеров отверстий по общим правилам усложняет чтение чертежа.

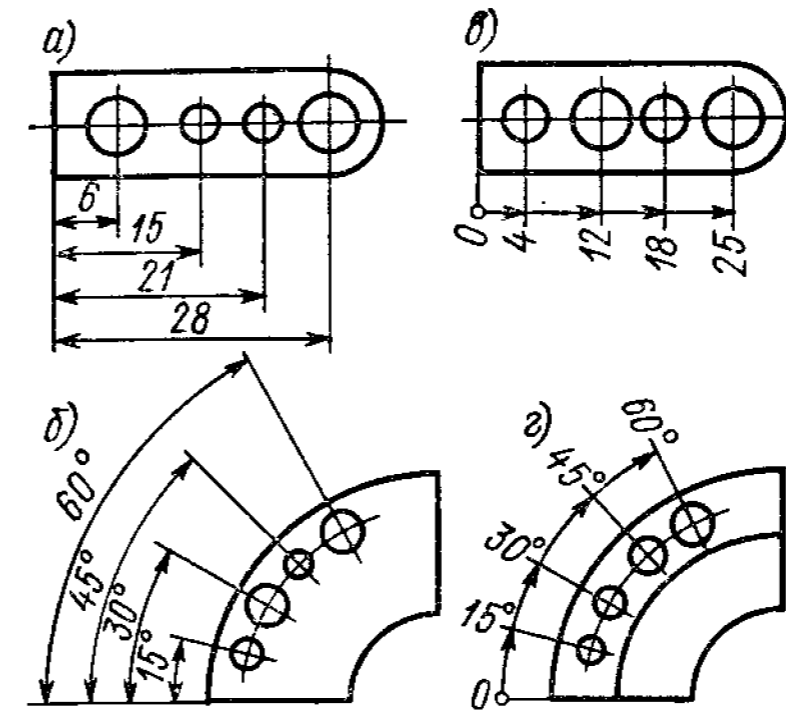
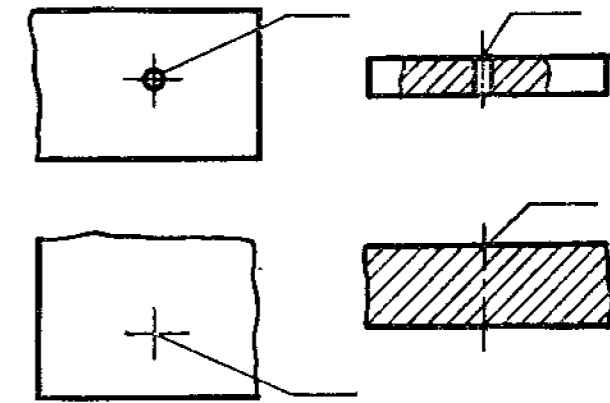


Рис. 16.30. Системы нанесения размеров

Рис. 16.31. Упрощенное нанесение размеров отверстий



Размеры отверстий следует указывать на полке линии-выноски, проведенной от оси отверстия (рис. 16.31). Примеры упрощенного нанесения размеров отверстий приведены в табл. 16.9.

### 16.11. Нанесение предельных отклонений размеров по ЕСПД СЭВ

Основанием для определения требуемой точности изделия при изготовлении являются указанные на чертеже предельные отклонения размеров, а также предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

Предельные отклонения размеров (линейных и угловых) указывают непосредственно после номинальных размеров [157].

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными обозначениями полей допусков и посадок, принятых в ЕСПД СЭВ, а также числовыми значениями предельных отклонений (табл. 16.10, 16.11).

Выбор способа нанесения предельных отклонений (см. табл. 16.10) может быть ограничен в нормативно-технических документах отрасли или предприятия. На период внедрения ЕСПД СЭВ рекомендуется более широко применять второй и третий способы. Наиболее эффективным является третий способ. Указание условных обозначений полей допусков способствует освоению новой системы допусков и посадок, облегчает выбор размерного инструмента и предельных калибров, в маркировке которых указано поле допуска изделия. Одновременное указание числовых значений предельных отклонений позволяет непосредственно по данным чертежа производить наладку станка на размер, следить за текущим размером детали в процессе обработки и контролировать деталь с помощью универсальных измерительных средств.

На одном чертеже могут применяться разные способы указания предельных отклонений.

На сборочных чертежах предельные отклонения размеров (посадки) сопрягаемых элементов могут быть указаны также одним из трех способов (см. табл. 16.10) в виде дроби, в числителе которой помещают данные, относящиеся к отверстию, а в знаменателе — к валу (рис. 16.32). Первый способ достаточен в тех случаях, когда посадки указываются как справочные данные, а числовые значения предельных отклонений приводятся в рабочих чертежах деталей; второй и третий способы предпочтительны в тех случаях, когда рабочие чертежи на отдельные детали соединения не разрабатываются.



**Т а б л и ц а 16.10. Нанесение предельных отклонений размеров (линейных и угловых) на чертежах по ГОСТ 2.307—68\* и ЕСП СЭВ**

Продолжение табл. 16.10

Пояснение	Указание на чертеже
<p>Предельные отклонения линейных размеров (<i>a</i> — валов; <i>b</i> — отверстий; <i>v</i> — сопрягаемых элементов) могут быть указаны одним из трех способов:</p> <p>1) условными обозначениями полей допусков</p>	
<p>2) числовыми значениями предельных отклонений</p>	
<p>3) условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений (комбинированный способ)</p>	
<p>Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми значениями</p>	
<p>При записи предельных отклонений числовыми значениями верхние отклонения помещают над нижними. Высота цифр числовых значений предельных отклонений приблизительно равна <math>h/2</math> (половине высоты шрифта номинального размера)</p>	
<p>Предельные отклонения, равные нулю, не указывают</p>	

Пояснение	Указание на чертеже				
<p>При симметричном расположении поля допуска абсолютную величину отклонений указывают один раз со знаком <math>\pm</math>; при этом высота цифр, определяющих отклонения, должна быть равна высоте шрифта номинального размера</p>					
<p>Предельные отклонения, указываемые числовыми величинами, выраженными десятичной дробью, записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая число знаков в верхнем и нижнем отклонениях добавлением нулей</p>					
<p>Размер шрифта буквенных обозначений такой же, как при простановке размеров</p>					
<p>Числовые значения предельных отклонений допускается указывать в таблице, помещаемой на свободном поле чертежа</p>	<table border="1"> <tr> <td><math>\phi 18H7</math></td> <td><math>+0,018</math></td> </tr> <tr> <td><math>12e8</math></td> <td><math>-0,032</math> <math>-0,059</math></td> </tr> </table>	$\phi 18H7$	$+0,018$	$12e8$	$-0,032$ $-0,059$
$\phi 18H7$	$+0,018$				
$12e8$	$-0,032$ $-0,059$				
<p>При указании предельных отклонений условными обозначениями обязательно и указание их числовых значений (комбинированный способ) в следующих случаях:</p> <p>1) при назначении предельных отклонений размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636—69 (СТ СЭВ 514—77)</p> <p>2) при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены СТ СЭВ 144—75 или СТ СЭВ 177—75, в частности для пластмассовых деталей с предельными отклонениями по СТ СЭВ 179—75</p>	 				
<p>3) для размеров уступов с несимметричным полем допуска</p>					
<p>На поверхности с одним номинальным размером, имеющей участки с разными предельными отклонениями, границу между участками проводят сплошной тонкой линией, а номинальный размер с соответствующими предельными отклонениями наносят для каждого участка отдельно</p>					

Пояснение	Указание на чертеже
Когда необходимо указать только один предельный размер (второй ограничен в сторону увеличения или уменьшения каким-либо условием), после размерного числа указывают соответственно max или min	
Ограничение колебания размера одинаковых элементов одной детали в пределах части поля допуска (данные указываются в технических требованиях)	
Ограничение величины накопленной погрешности расстояния между повторяющимися элементами (данные указываются в технических требованиях)	

Таблица 16.11. Примеры правильного и неправильного нанесения предельных отклонений размеров на чертежах

Признак оформления	Правильно	Неправильно
Число знаков	$10_{-0,24}^{-0,20}$	$10_{-0,24}^{-0,200}$ $10_{-0,24}^{-0,2}$
Удаление отклонений от номинального размера	$16_{-0,3}^{+0,4}$	$16_{-0,3}^{+0,4}$
Отделение линиями номинального размера и отклонения	$10^{+0,2} \quad 12_{-0,40}$	$10_{-0,2} \quad 12_{-0,40}$
Разделение отклонений линиями	$5_{-0,03}^{+0,05}$	$5_{-0,03}^{+0,05}$

Признак оформления	Правильно	Неправильно
В чертежах допускаемые отклонения следует проставлять так, чтобы одновременно с указанием точности угла можно было бы определить и точность положения этого угла относительно оси образующей или плоскости детали		

Поля допусков посадочных мест валов и отверстий корпусов под подшипники качения указывают на сборочных чертежах без каких-либо дополнительных индексов.

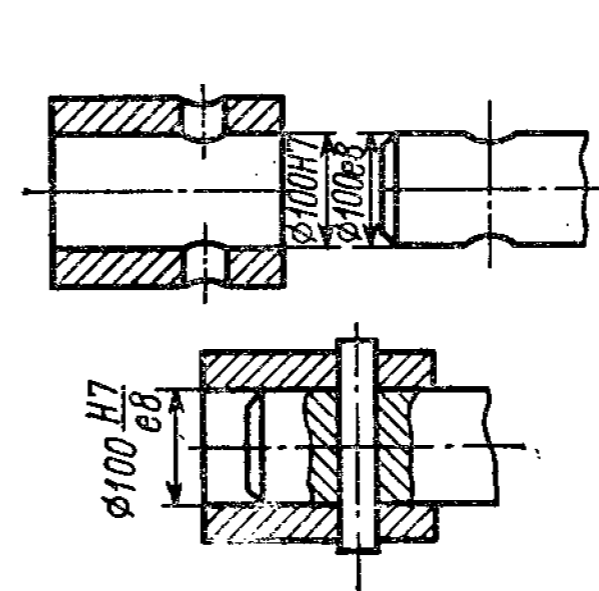


Рис. 16.32. Нанесение предельных отклонений размеров на сборочных чертежах

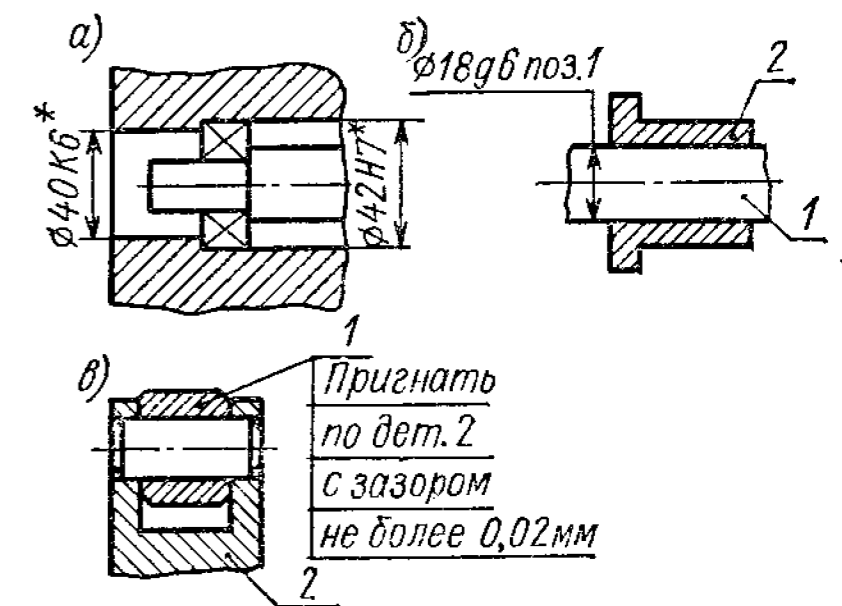


Рис. 16.33. Нанесение предельных отклонений размеров одной из сопрягаемых деталей

Допускается на чертежах сборочных единиц приводить предельные отклонения только одной из сопрягаемых деталей, не применяя никаких дополнительных символов, например отверстия под подшипники качения (рис. 16.33, а). В случае необходимости на чертеже поясняют, к какой детали относится отклонение (рис. 16.33, б). Указывать предельные размеры допускается также на сборочных чертежах для зазоров, натягов, мертвых ходов и т. п., например: «Осевое смещение кулачка выдерживать

в пределах 0,6 ... 1,5 мм». По данным отдельных отраслей промышленности обозначается характер сопряжения, обеспечиваемого пригонкой (рис. 16.33, в).

Неуказанные предельные отклонения размеров относительно низкой точности (от 12-го качества и грубее) допускается не указывать непосредственно у номинальных размеров. Их можно оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа при условии, что эта запись однозначно определяет значения и направление предельных отклонений.

Предельные отклонения размеров различных элементов, оговариваемые в одной общей записи (см. табл. 3.11), должны быть одинакового уровня точности (одного качества или одного класса точности; одного качества и соответствующего ему класса точности).

Общие записи в технических требованиях должны производиться в соответствии с письмом Госстандарта СССР № 54—22/6—314 от 10.01.80 г. о ГОСТ 2.307—68\* с примечаниями. Примеры общей записи в технических требованиях чертежа с учетом качества и расположения полей допусков по ЕСДП:

1) неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ ;

2) неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров H12; h12, остальных  $\pm \frac{IT12}{2}$ ;

3) неуказанные предельные отклонения размеров  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

### 16.12. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертеже [158] только в том случае, если они необходимы по функциональным и технологическим причинам (см. гл. 5).

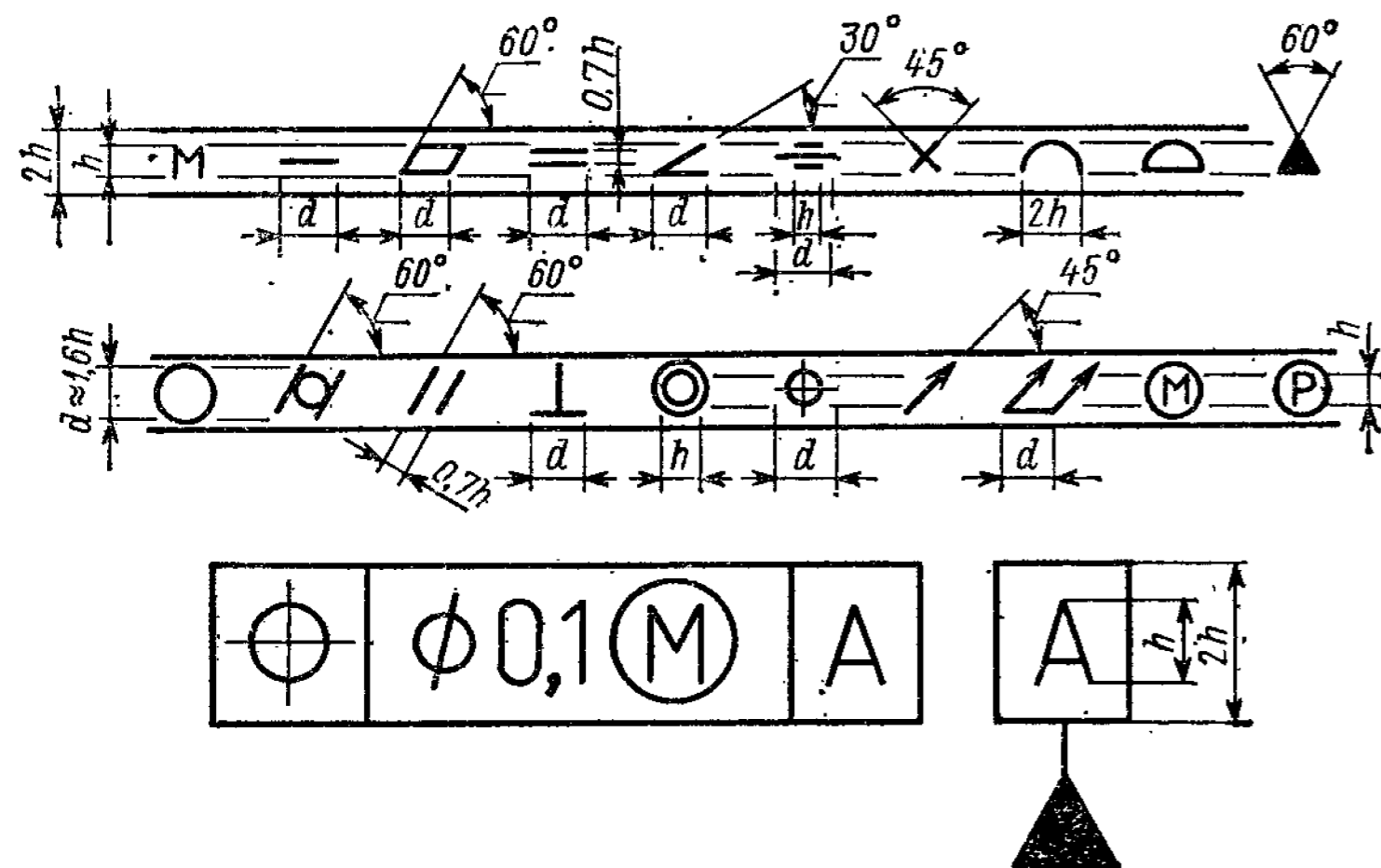


Рис. 16.34. Форма и размеры знаков для обозначения допуска формы и расположения ( $h$  и  $d$  — высота и ширина шрифта размерных чисел)

Вид допуска формы или расположения должен быть обозначен на чертеже знаком (графическим символом) согласно табл. 16.12 [158]. Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические

Таблица 16.12. Обозначение видов допусков формы и расположения геометрических элементов по ГОСТ 2.308—79 (СТ СЭВ 368—76)

Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	—
	» плоскостности	▭
	» круглости	○
	» цилиндричности	∕
	» профиля продольного сечения	=
Допуск расположения	Допуск параллельности	//
	» перпендикулярности	⊥
	» наклона	∠
	» соосности	◎
	» симметричности	≡
	Позиционный допуск	⊕
	Допуск пересечения осей	×
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения	↗
	» торцового биения	
	» биения в заданном направлении	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск полного радиального биения	↗↗
	» полного торцового биения	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск формы заданного профиля	∩
	» формы заданной поверхности	∪

Таблица 16.13. Нанесение обозначений допусков, баз и номинального расположения по ГОСТ 2.308—79 (СТ СЭВ 368—76)

Продолжение табл. 16.13

Пояснение	Графическое изображение
<p><i>Знаки суммарных допусков</i></p> <p>Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков в следующей последовательности: знак допуска расположения, знак допуска формы, например: знак суммарного допуска параллельности и плоскостности (а); знак суммарного допуска перпендикулярности и плоскостности (б); знак суммарного допуска наклона и плоскостности (в)</p>	<p>а) // □</p> <p>б) ⊥ □</p> <p>в) ∠ □</p>
<p><i>Нанесение обозначений допусков</i></p> <p>При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две (а) и более (б—г) части, в которых помещают: в первой — знак допуска по таблице; во второй — числовое значение допуска в миллиметрах; в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз) или поверхности, с которой связан допуск расположения</p>	<p>а) — 0,1      б) // 0,1 А</p> <p>в) // □ А      г) ⊥ □ А</p>
<p>Рамку располагают горизонтально (допускается и вертикально) и соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой. Соединительная линия может быть прямой или ломаной, но направление отрезка соединительной линии, заканчивающегося стрелкой, должно соответствовать направлению измерения отклонения</p>	
<p>Рамки следует выполнять сплошными тонкими линиями. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел. Соединительную линию отводят от рамки, как показано на рисунке</p>	
<p>В необходимых случаях допускается: проводить соединительную линию от второй (последней) части рамки (а); заканчивать соединительную линию стрелкой на выносной линии, продолжающей контурную линию элемента, и со стороны материала детали (б)</p>	<p>а) </p> <p>б) </p>

Пояснение	Графическое изображение
<p>Если допуск относится к поверхности или ее профилю, то рамку соединяют с контурной линией поверхности (а) или ее продолжением, при этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (б)</p>	<p>а) </p> <p>б) </p>
<p>Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии (а, б). При недостатке места стрелку размерной линии допускается совмещать со стрелкой соединительной линии (в). Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения допуска формы и расположения, его не указывают</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p>
<p>Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения допуска формы или расположения</p>	
<p>Если допуск относится к боковым сторонам резьбы, то рамку соединяют с боковой стороной (а). Если допуск относится к оси резьбы, то рамку соединяют с размерной линией (б)</p>	<p>а) </p> <p>б) </p>
<p>Если допуск относится к общей оси (плоскости симметрии) и из чертежа ясно, для каких поверхностей данная ось (плоскость симметрии) является общей, то рамку соединяют с осью (плоскостью симметрии)</p>	
<p>Перед числовым значением допуска следует указывать:</p> <p>символ Ø, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают его диаметром (а);</p> <p>символ R, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают радиусом (б);</p> <p>символ T, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (для случая, когда поле позиционного допуска ограничено двумя параллельными прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении (в);</p> <p>символ T/2 для тех же видов допусков, если их указывают в радиусном выражении (г);</p> <p>слово «Сфера» и символ Ø или R, если поле допуска сферическое (д)</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p> <p>д) </p>



Пояснение	Графическое изображение
<p>Числовое значение допуска формы и расположения поверхностей, указанное в рамке (а), относится ко всей длине поверхности. Если допуск относится к любому участку поверхности заданной длины (или площади), то заданную длину (или площадь) указывают рядом с допуском и отделяют от него наклонной линией (б, в), которая не должна касаться рамки</p>	
<p>Если необходимо назначить допуск на всей длине поверхности и на заданной длине, то допуск на заданной длине указывают под допуском на всей длине</p>	
<p>Если допуск должен относиться к участку, расположенному в определенном месте элемента, то этот участок обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами</p>	
<p>Если необходимо задать выступающее поле допуска расположения, то после числового значения допуска указывают символ (P) Контур выступающей части нормируемого элемента ограничивают тонкой сплошной линией, а длину и расположение выступающего поля допуска — размерами</p>	
<p>Надписи, дополняющие данные, приведенные в рамке, наносят над рамкой допуска или под ней</p>	
<p>Если для одного элемента необходимо задать два разных вида допуска, то допускается рамки объединять и располагать их, как показано в верхней части рисунка Если для поверхности требуется указать одновременно условное обозначение допуска формы или расположения и ее буквенное обозначение, используемое для нормирования другого допуска, то рамки с обоими условными обозначениями допускается располагать рядом на соединительной линии (нижнее обозначение)</p>	
<p>Повторяющиеся одинаковые или разные виды допусков, обозначаемые одним и тем же знаком, имеющие одинаковые числовые значения и относящиеся к одним и тем же базам, допускается указывать один раз в рамке, от которой отходит одна соединительная линия, разветвляемая затем ко всем нормируемым элементам. Допуски формы и расположения симметрично расположенных элементов на симметричных деталях указывают один раз</p>	

Пояснение	Графическое изображение
<p style="text-align: center;"><i>Нанесение обозначений баз</i></p> <p>Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют при помощи соединительной линии с рамкой. При выполнении чертежей с помощью выводных устройств ЭВМ допускается треугольник, обозначающий базу, не зачернять Треугольник, обозначающий базу, должен быть равносторонним, с высотой, приблизительно равной размеру шрифта размерных чисел Если базой является поверхность или ее профиль, то основание треугольника располагают на контурной линии поверхности (а) или на ее продолжении (б). При этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии</p>	
<p>Если базой является ось или плоскость симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии (а). В случае недостатка места стрелку размерной линии допускается заменять треугольником, обозначающим базу (б)</p>	
<p>Если базой является общая ось (а) или плоскость симметрии (б) и из чертежа ясно, для каких поверхностей ось (плоскость симметрии) является общей, то треугольник располагают на оси</p>	
<p>Если базой является ось центров отверстий, то рядом с обозначением базовой оси делают надпись «Ось центров» (а). Допускается обозначать базовую ось центров отверстий в соответствии с рис. б</p>	
<p>Если базой является определенная часть элемента, то ее обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами (а). Если базой является определенное место элемента, то оно должно быть определено размерами согласно рис. б.</p>	

Пояснение	Графическое изображение
<p>Если нет необходимости выделять как базу ни одну из поверхностей, то треугольник заменяют стрелкой</p>	
<p>Если соединение рамки с базой или другой поверхностью, к которой относится отклонение расположения, затруднительно, то поверхность обозначают прописной буквой, вписываемой в третью часть рамки. Эту же букву вписывают в рамку, которую соединяют с обозначаемой поверхностью линией, заканчивающейся треугольником, если обозначают базу (а), или стрелкой, если обозначаемая поверхность не является базой (б). При этом букву следует располагать параллельно основной надписи</p>	
<p>Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения базы, его не указывают. Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения базы</p>	
<p>Если два или несколько элементов образуют объединенную базу и их последовательность не имеет значения (например, они имеют общую ось или плоскость симметрии), то каждый элемент обозначают самостоятельно и все буквы вписывают подряд в третью часть рамки</p>	
<p>Если необходимо задать допуск расположения относительно комплекта баз, то буквенные обозначения баз указывают в самостоятельных частях (третьей и далее) рамки. В этом случае базы записывают в порядке убывания числа степеней свободы, лишаемых ими</p>	
<p><i>Указание номинального расположения</i></p>	
<p>Линейные (а) и угловые (б) размеры, определяющие номинальное расположение и (или) номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, при назначении позиционного допуска, допуска наклона, допуска формы заданной поверхности или заданного профиля указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки</p>	

Пояснение	Графическое изображение
<p><i>Обозначение зависимых допусков</i></p>	
<p>Зависимые допуски формы и расположения обозначают условным знаком <math>\textcircled{M}</math>, который помещают:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента;</li> <li>2) после буквенного обозначения базы (а) или без буквенного обозначения в третьей части рамки (б), если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента;</li> <li>3) после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (а) или без буквенного обозначения (б), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов</li> </ol> <p>Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают независимым</p>	
<p>Допускается по СТ СЭВ 368—76 использование ранее выпущенной документации, в которой независимый допуск обозначен условным знаком <math>\textcircled{S}</math>, при этом:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) если зависимые допуски расположения составляют большинство, то независимые допуски обозначают знаком <math>\textcircled{S}</math>, который помещают после числового значения допуска, а в технических требованиях делают запись: «Все допуски соосности зависимые, кроме обозначенных знаком» (а);</li> <li>2) если числовое значение зависимого допуска расположения связано только с размером рассматриваемого элемента, то после буквенного обозначения базы ставят знак <math>\textcircled{S}</math> (б)</li> </ol>	
<p>Предельные отклонения расположения осей отверстий можно указывать следующими двумя способами (см. п. 5.4).</p> <p>1. Позиционными допусками осей отверстий (предельным смещением осей от номинального расположения) в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308—79 (СТ СЭВ 368—76). Линейные и угловые размеры, которые определяют номинальное расположение или номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки</p>	

80

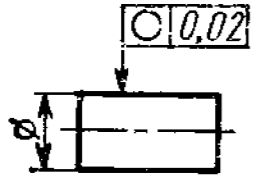
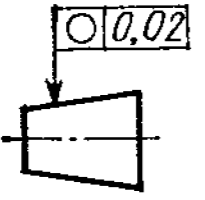
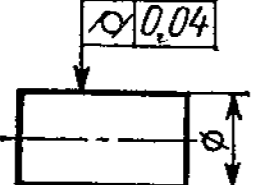
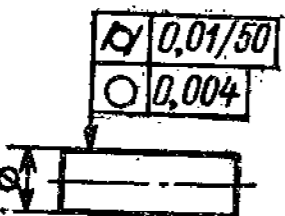
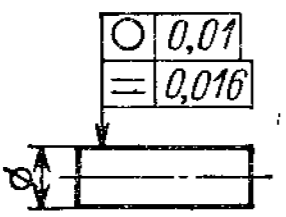
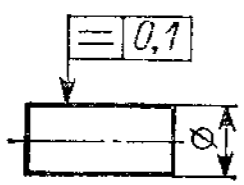
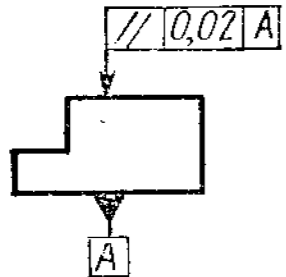
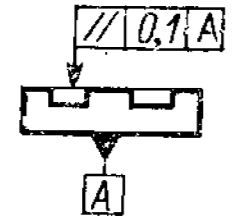
Пояснение	Графическое изображение
<p>2. Предельными отклонениями размеров, координирующих оси</p>	<p>1. Предельные отклонения размеров между осями двух любых отв. <math>\pm 0,35</math> мм                  2. Смещение осей от плоскости A не более 0,18 мм                  4 отв. <math>\phi 6,5</math></p> <p>Предельные отклонения размеров по диагонали между осями двух любых отв. <math>\pm 0,5</math> мм</p>

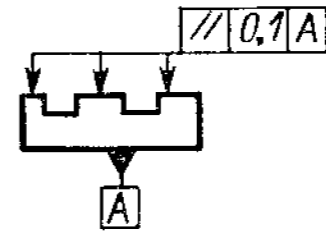
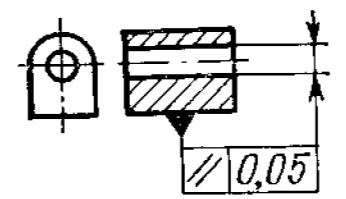
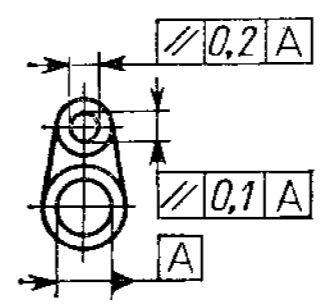
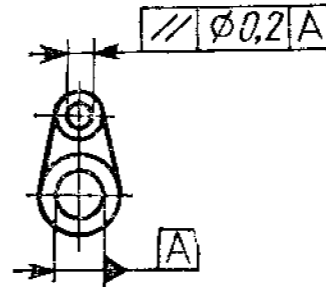
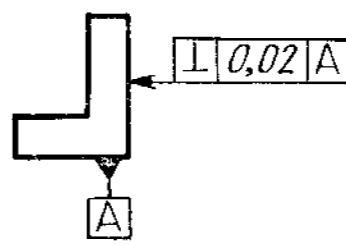
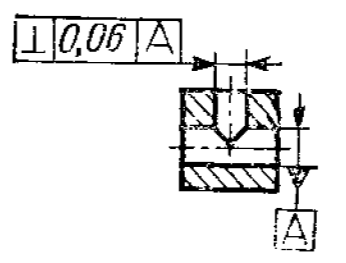
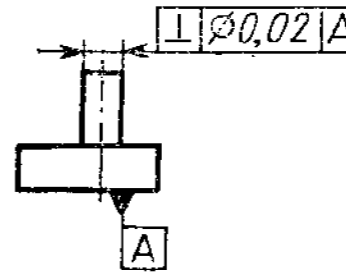
Таблица 16.14. Сравнительная таблица обозначений допусков (отклонений)

Вид допуска (отклонения)	Обозначение по ГОСТ 2.308—68	Обозначение по ГОСТ 2.308—79 (СТ СЭВ 368—76)	
		в радиусном выражении	в диаметральном выражении
Допуск соосности	$\square 0,1$	$\odot R0,1$	$\odot \phi 0,2$
Допуск симметричности	$\div 0,1$	$\equiv T/2 0,1$	$\equiv T 0,2$
Позиционный допуск оси	$+ 0,1$	$\oplus R 0,1$	$\oplus \phi 0,2$
Позиционный допуск плоскости симметрии	Нет	$\oplus T/2 0,1$	$\oplus T 0,2$
Допуск пересечения	$\times 0,1$	$\times T/2 0,1$	$\times T 0,2$

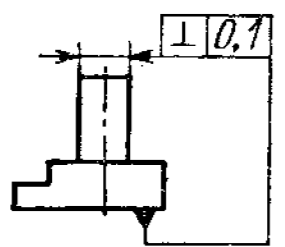
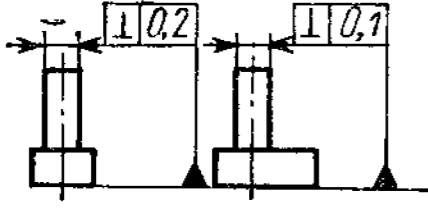
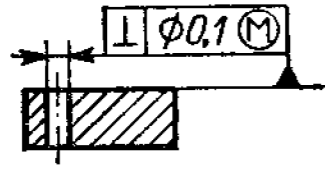
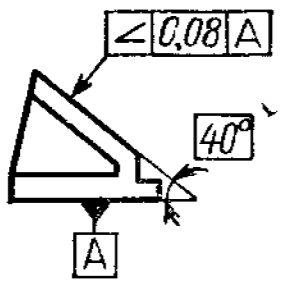
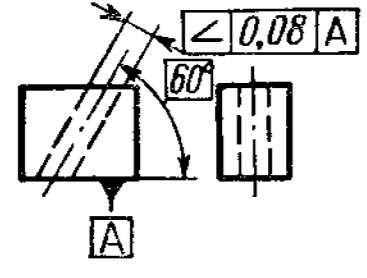
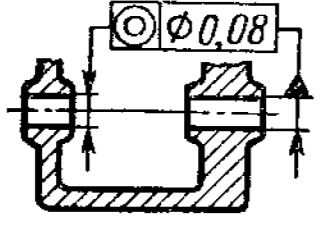
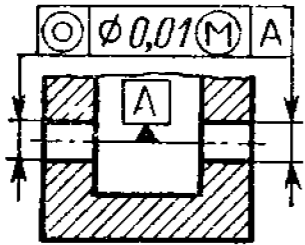
Примечание. В ранее изданных конструкторских документах, в которых указаны предельные отклонения расположения от соосности, симметричности, смещение осей от номинального расположения и отклонения от пересечения осей, числовые значения следует понимать как допуски в радиусном выражении.

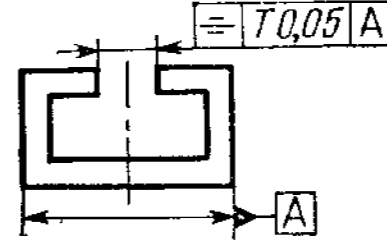
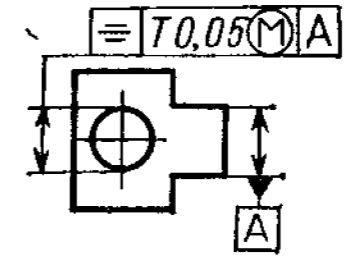
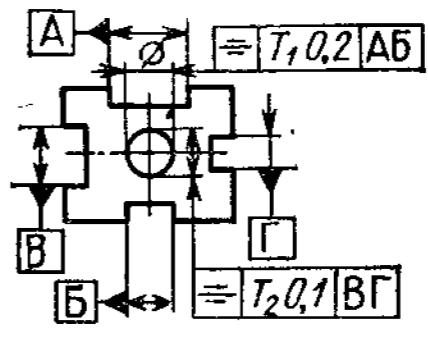
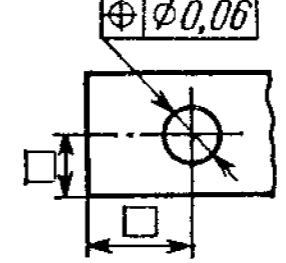
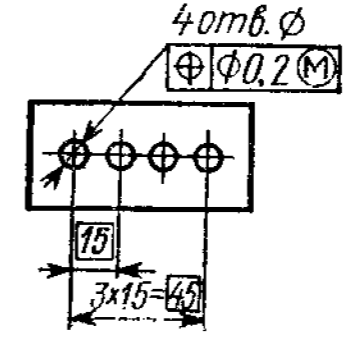
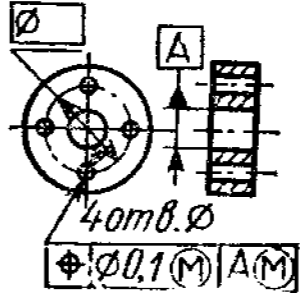
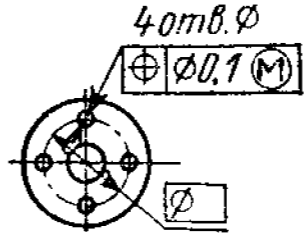
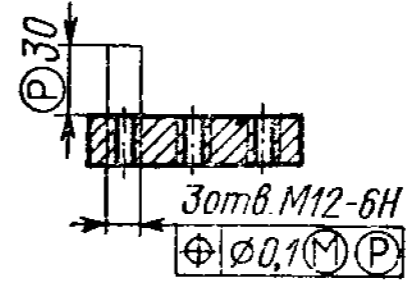
Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснения
Допуск прямолинейности		Допуск прямолинейности образующей конуса 0,01
		Допуск прямолинейности оси отверстия $\phi 0,08$ мм (допуск зависимый)
		Допуск прямолинейности поверхности 0,25 мм на всей длине и 0,1 мм на длине 100 мм
		Допуск прямолинейности поверхности в поперечном направлении 0,05 мм, в продольном направлении 0,1 мм
Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм
		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм на площади 100 × 100 мм
		Допуск плоскостности поверхностей относительно общей прилегающей плоскости 0,1 мм
		Допуск плоскостности каждой поверхности 0,01 мм

Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснения
Допуск круглости		Допуск круглости вала 0,02 мм
		Допуск круглости конуса 0,02 мм
Допуск цилиндричности		Допуск цилиндричности вала 0,04 мм
		Допуск цилиндричности вала 0,01 мм на длине 50 мм. Допуск круглости вала 0,004 мм
Допуск профиля продольного сечения		Допуск круглости вала 0,01 мм. Допуск профиля продольного сечения вала 0,016 мм
		Допуск профиля продольного сечения вала 0,1 мм
Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности относительно поверхности A 0,02 мм
		Допуск параллельности общей прилегающей плоскости поверхностей относительно поверхности A 0,1 мм

Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснения
Допуск параллельности		Допуск параллельности каждой поверхности относительно поверхности A 0,1 мм
		Допуск параллельности оси отверстия относительно основания 0,05 мм
		Допуск параллельности оси отверстий в общей плоскости 0,1 мм. Допуск перекоса осей отверстий 0,2 мм. База — ось отверстия A
		Допуск параллельности оси отверстия относительно оси отверстия A $\varnothing$ 0,2 мм
Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности A 0,02 мм
		Допуск перпендикулярности оси отверстия относительно оси отверстия A 0,06 мм
		Допуск перпендикулярности оси выступа относительно поверхности A $\varnothing$ 0,02 мм



Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснения
Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности оси выступа относительно основания 0,1 мм
		Допуск перпендикулярности оси выступа в поперечном направлении 0,2 мм, в продольном направлении 0,1 мм. База — основание
		Допуск перпендикулярности оси отверстия относительно поверхности $\varnothing$ 0,1 мм (допуск зависимый)
Допуск наклона		Допуск наклона поверхности относительно поверхности A 0,08 мм
		Допуск наклона оси отверстия относительно поверхности A 0,08 мм
Допуск соосности		Допуск соосности отверстия относительно отверстия $\varnothing$ 0,08 мм
		Допуск соосности двух отверстий относительно их общей оси $\varnothing$ 0,01 мм (допуск зависимый)

Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснения
Допуск симметричности		Допуск симметричности паза T 0,05 мм. База — плоскость симметрии поверхностей A
		Допуск симметричности отверстия T 0,05 мм (допуск зависимый). База — плоскость симметрии поверхности A
		Допуск симметричности оси отверстия относительно общей плоскости симметрии пазов AB T <sub>1</sub> 0,2 мм и относительно общей плоскости симметрии пазов BG T <sub>2</sub> 0,1 мм
Позиционный допуск		Позиционный допуск оси отверстия $\varnothing$ 0,06 мм
		Позиционный допуск осей отверстий $\varnothing$ 0,2 мм (допуск зависимый)
		Позиционный допуск осей четырех отверстий $\varnothing$ 0,1 мм (допуск зависимый). База — ось отверстия A (допуск зависимый)
		Позиционный допуск четырех отверстий $\varnothing$ 0,1 мм (допуск зависимый)
		Позиционный допуск трех резьбовых отверстий $\varnothing$ 0,1 мм (допуск зависимый) на участке, расположенном вне детали и выступающем на 30 мм от поверхности

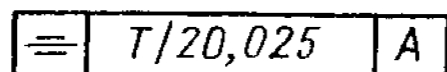
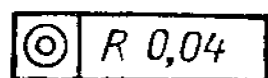
Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснения
Допуск пересечения осей		Допуск пересечения осей отверстий $T 0,06$ мм
Допуск радиального биения		Допуск радиального биения вала относительно оси конуса $0,01$ мм
		Допуск радиального биения поверхности относительно общей оси поверхностей $A$ и $B$ $0,1$ мм
		Допуск радиального биения участка поверхности относительно отверстия $A$ $0,2$ мм
		Допуск радиального биения отверстия $0,01$ мм. Первая база — поверхность $A$ . Вторая база — ось поверхности $B$ . Допуск торцового биения относительно тех же баз $0,016$ мм
Допуск торцового биения		Допуск торцового биения на диаметре $20$ мм относительно оси поверхности $A$ $0,1$ мм
Допуск биения в заданном направлении		Допуск биения конуса относительно оси отверстия $A$ в направлении, перпендикулярном к образующей конуса, $0,01$ мм

Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснения
Допуск полного радиального биения		Допуск полного радиального биения относительно общей оси поверхностей $A$ и $B$ $0,1$ мм
Допуск полного торцового биения		Допуск полного торцового биения поверхности относительно оси поверхности $0,1$ мм
Допуск формы заданного профиля		Допуск формы заданного профиля $T 0,04$ мм
Допуск формы заданной поверхности		Допуск формы заданной поверхности относительно поверхностей $A, B, B$ $T 0,1$ мм
Суммарный допуск параллельности и плоскостности		Суммарный допуск параллельности и плоскостности поверхности относительно основания $0,1$ мм
Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности		Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности поверхности относительно основания $0,02$ мм
Суммарный допуск наклона и плоскостности		Суммарный допуск наклона и плоскостности поверхности относительно основания $0,05$ мм

знаки, обозначают знаками составных допусков (табл. 16.13). Размеры знаков для указания допусков формы и расположения и графическое изображение рамки приведены на рис. 16.34.

Нанесение обозначений допусков, баз и номинального расположения показано в табл. 16.13 и 16.14.

В табл. 16.15 приведены примеры указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей, причем допуски соосности, симметричности, позиционные, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности указаны в диаметральном выражении. Стандарт [158] допускает указывать их (см. табл. 16.14) в радиусном выражении, например:



В ранее выпущенной документации допуски соосности, симметричности, смещения осей от номинального расположения (позиционный допуск), обозначенные соответственно знаками  $\perp$ ;  $\div$ ;  $\perp$  (см. табл. 16.14) или текстом в технических требованиях, даны в радиусном выражении.

Стандарт разрешает указывать допуски формы и расположения поверхностей в технических требованиях текстом, который должен содержать:

- 1) вид допуска;
- 2) обозначение поверхности или другого элемента, для которых задается допуск (для этого используют буквенное обозначение или конструктивное наименование, определяющее поверхность);
- 3) числовое значение допуска в миллиметрах;
- 4) наименование или обозначение баз, относительно которых задается допуск (для допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения);
- 5) указание зависимых допусков формы или расположения (в соответствующих случаях).

Указание допусков формы и расположения поверхностей в текстовых документах или в технических требованиях чертежа следует выполнять по аналогии с текстом пояснений к условным обозначениям допусков формы и расположения, приведенным в табл. 16.15.

Допускается вместо слов «Допуск зависимый» указывать знак  $\textcircled{M}$ , а вместо указания перед числовым значением символов  $\varnothing$ ; R; T; T/2 приводить запись, например: «Позиционный допуск оси 0,1 мм в диаметральном выражении» или «Допуск симметричности 0,12 мм в радиусном выражении».

### 16.13. Изображение резьбы. Упрощенные и условные изображения крепежных деталей

Изображение и нанесение обозначения резьбы на чертежах приведено в табл. 16.16. На сборочных чертежах и чертежах общих видов (табл. 16.17) допускаются упрощенные и условные изображения крепежных деталей (табл. 16.18), которые выбирают в зависимости от назначения и масштаба чертежа.

Крепежные детали, у которых на чертеже диаметры стержней равны 2 мм и менее, изображают условно. Размер изображения должен давать полное представление о характере соединения.

Примеры упрощенных и условных изображений крепежных деталей в соединениях приведены в табл. 16.19.

Таблица 16.16. Изображение и нанесение обозначения резьбы на чертежах по ГОСТ 2.311—68 (СТ СЭВ 284—76)

Пояснение	Графическое изображение
<p>На стержне резьбу изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру</p> <p>На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную <math>3/4</math> окружности, разомкнутую в любом месте</p>	
<p>В отверстиях резьбу изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру</p> <p>На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную <math>3/4</math> окружности, разомкнутую в любом месте</p> <p>Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы</p>	
<p>Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметрам</p>	
<p>Линию, определяющую границу резьбы, наносят на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной (а, б) или штриховой (в), если резьба изображена как невидимая, линией</p> <p>Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержне (в) и до линии внутреннего диаметра в отверстии (б), т. е. в обоих случаях до сплошной основной линии</p>	
<p>Размер длины резьбы на стержне (а) и в отверстии (б) указывают, как правило, без сбега</p> <p>При необходимости указания длины резьбы со сбегом размеры наносят, как показано на рис. в и г</p> <p>При необходимости указания величины сбега на стержне размеры наносят, как показано на рис. д</p> <p>Сбег резьбы изображают сплошной тонкой прямой линией, как показано на рис. в, г, д</p>	

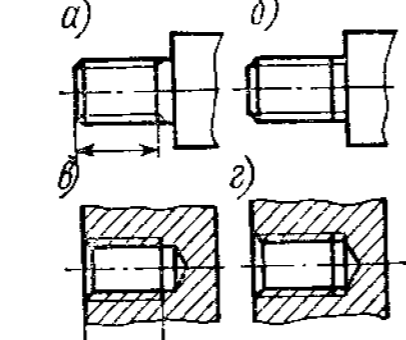
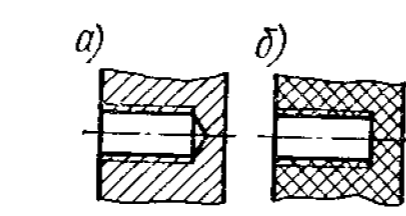
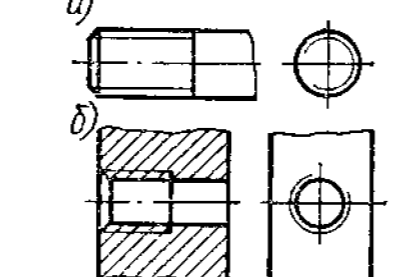
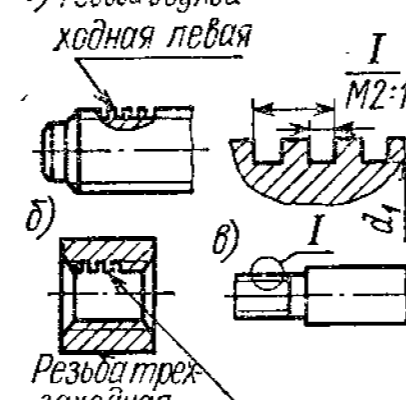
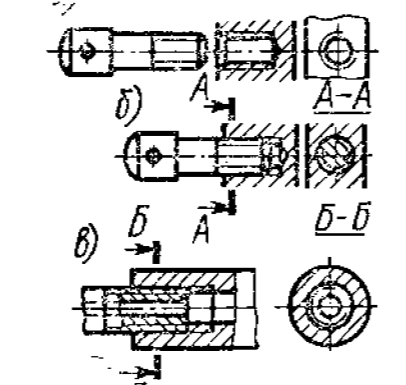
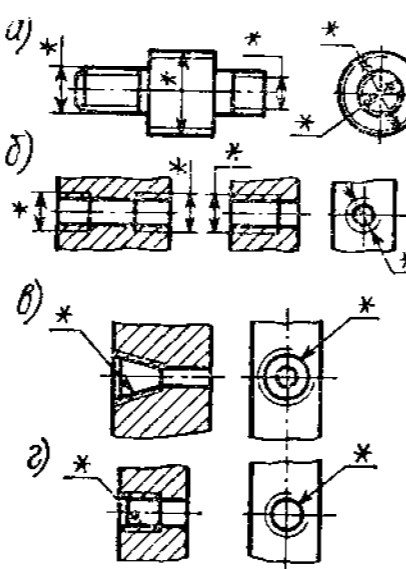
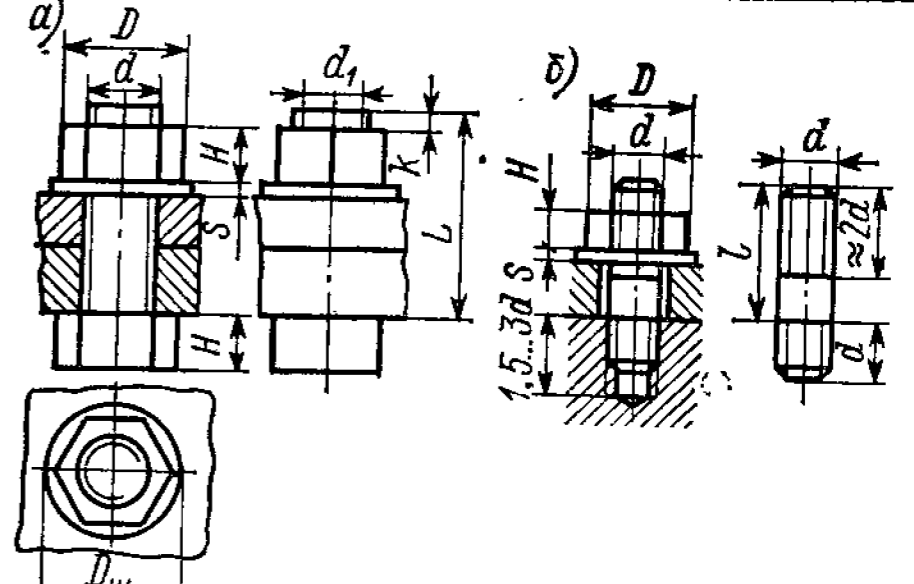
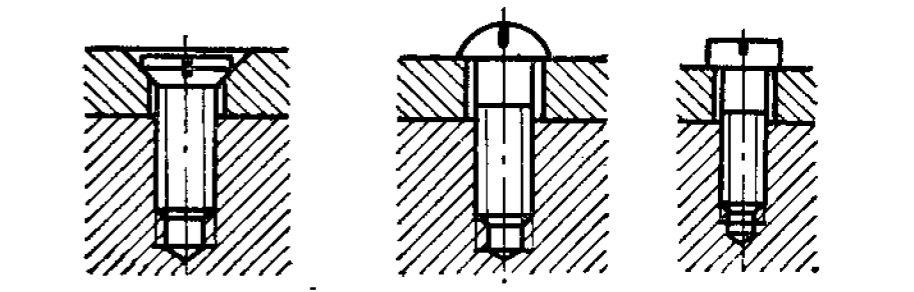
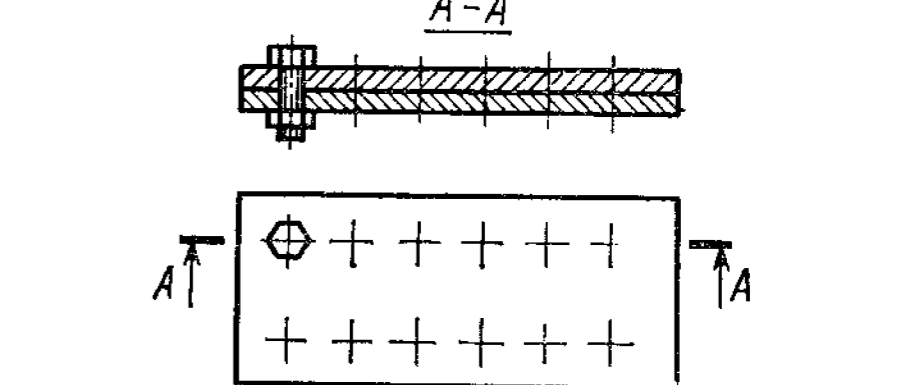
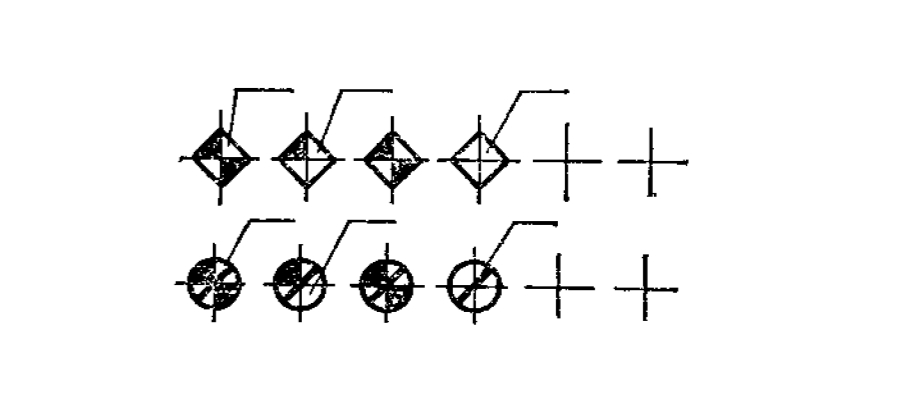
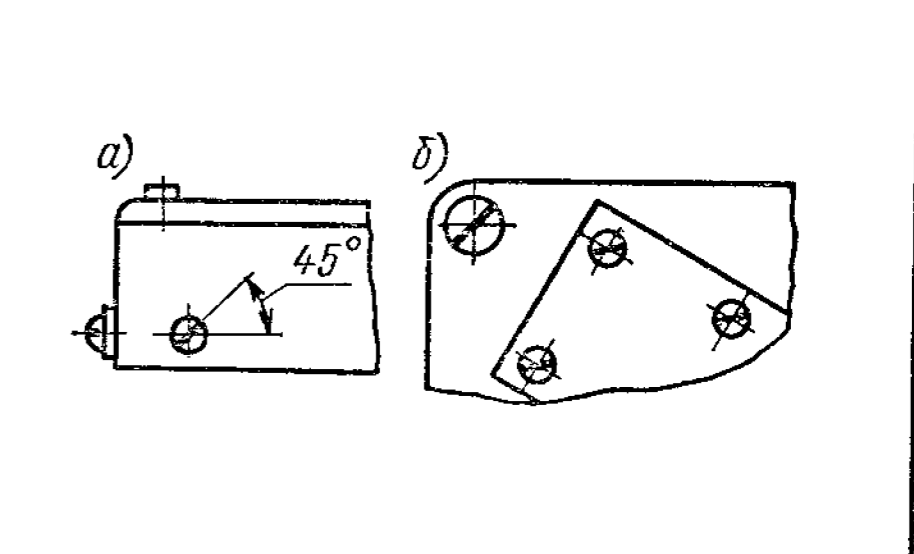
Пояснение	Графическое изображение
<p>Недорез резьбы, выполненной до упора, изображают, как показано на рис. а и в</p> <p>Допускается изображать недорез резьбы, как показано на рис. б и г</p>	
<p>На чертежах, по которым резьбу не выполняют, конец глухого резьбового отверстия допускается изображать, как показано на рис. а и б, даже при наличии разности между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы</p>	
<p>Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают (а, б). Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (а)</p>	
<p>Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на рис. а, б, в со всеми необходимыми размерами и предельными отклонениями. Кроме размеров и предельных отклонений резьбы на чертеже указывают дополнительные данные о числе заходов, о левом направлении резьбы и т. п. с добавлением слова «Резьба»</p>	
<p>На разрезах резьбового соединения (а, б, в) в изображении на плоскости, параллельной его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня</p>	
<p>Обозначения резьб указывают по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьб (см. гл. 8) и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру, как показано на рис. а, б</p> <p>Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на рис. в, г</p> <p>Специальную резьбу со стандартным профилем обозначают сокращенно Сп и условным обозначением профиля (М — для метрических резьб, Тг — для трапецидальных, Уп — для упорных)</p> <p>Примечание. Знаком * отмечены места нанесения обозначения резьбы</p>	

Таблица 16.17. Изображение крепежных соединений по ГОСТ 2.315—68\* (СТ СЭВ 1978—79)

Пояснение	Графическое изображение
<p>Болтовое (а) и шпильчное (б) соединения</p> <p>Примерные соотношения размеров: <math>D = 2d</math>; <math>k \geq 0,25d</math>; <math>D_{ш} = 2,2d</math>; <math>d_1 = d - 2P</math>, где <math>P</math> — шаг резьбы; <math>H = (0,7 \dots 0,8) d</math>; <math>S = 0,15d</math></p>	
<p>Соединение винтами с различными головками</p>	
<p>Если предмет, изображенный на сборочном чертеже, имеет ряд однотипных соединений, то крепежные детали, входящие в эти соединения, следует показывать условно или упрощенно в одном-двух местах каждого соединения, а в остальных — центровыми или осевыми линиями</p>	
<p>Если на чертеже имеется несколько групп крепежных деталей, различных по типам и размерам, то вместо нанесения повторяющихся номеров позиций рекомендуется одинаковые крепежные детали обозначать условными знаками, а номер позиции наносить только один раз</p>	
<p>Шлицы на головках крепежных деталей следует изображать одной сплошной линией, как показано на рис. а: на одном виде — по оси крепежной детали, на другом — под углом 45° к рамке чертежа</p> <p>Если линия шлица, проведенная под углом 45° к рамке чертежа, совпадает с центральной линией или близка к ней по направлению, то линия шлица проводится под углом 45° к центральной линии (рис. б)</p>	



Т а б л и ц а 16.18. Упрощенные и условные изображения крепежных деталей по ГОСТ 2.315—68 \* (СТ СЭВ 1978—79)

Продолжение табл. 16 18

Наименование	Изображение		Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное		упрощенное	условное
Болты и винты: с шестигранной головкой		T	с полупотайной головкой		Y
Болты: с полукруглой головкой и усом		Y	Гайки: шестигранные		X
откидные с круглой головкой		O	шестигранные прорезные и корнчатые		X
откидные с вилкой		O	гайки-барашки		V
Винты: с полукруглой головкой		T	Шурупы: с полукруглой головкой		T
с цилиндрической головкой		T	с потайной головкой		Y
с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ		T	с полупотайной головкой		Y

Наименование	Изображение		Наименование	Изображение	
	упрощенное	условное		упрощенное	условное
Шпильки		+	Штифты: цилиндрические		I
Шайбы: простые, стопорные и т. д.		—	Шплинты		Y
пружинные		—	Гвозди		TJ

**16.14. Условные и упрощенные изображения и обозначения швов сварных соединений**

**Общие сведения.** Классификация способов сварки приведена в ГОСТ 19521—74. В соответствии с этим стандартом виды сварки классифицируют по основным физическим, техническим и технологическим признакам.

В зависимости от расположения свариваемых деталей различают следующие виды сварных соединений (ГОСТ 2601—74):

- 1) стыковое, обозначаемое буквой С, при котором свариваемые детали соединяются своими торцами (рис. 16.35, а);
- 2) угловое (У), при котором свариваемые детали располагаются под углом, чаще всего равным 90°, и соединяются по кромкам (рис. 16.35, б);
- 3) тавровое (Т), при котором торец одной детали соединяется с боковой поверхностью другой детали (рис. 16.35, в);
- 4) нахлесточное (Н), при котором боковые поверхности одной детали частично перекрывают боковые поверхности другой (рис. 16.35, г, д).

Кромки деталей, соединяемых сваркой, могут быть различно подготовлены под сварку в зависимости от требований, предъявляемых к соединению. Подготовка может быть выполнена: 1) с отбортовкой кромок; 2) без скоса кромок (рис. 16.36, а); 3) со скосом одной кромки (рис. 16.36, б); 4) с двумя скосами одной кромки (рис. 16.36, в); 5) с двумя скосами двух кромок. Скосы бывают симметричные и асимметричные, прямолинейные и криволинейные.

По характеру расположения швы делятся на односторонние и двусторонние (рис. 16.36). Швы могут быть сплошные (см. рис. 16.35, а, в) и прерывистые (см. рис. 16.35, б, в, д). Последние определяются длиной провариваемых участков  $l$  с шагом  $t$ .

Таблица 16.19. Примеры упрощенных и условных изображений крепежных деталей в соединениях

Упрощенное изображение	Условное изображение	Упрощенное изображение	Условное изображение	Упрощенное изображение	Условное изображение

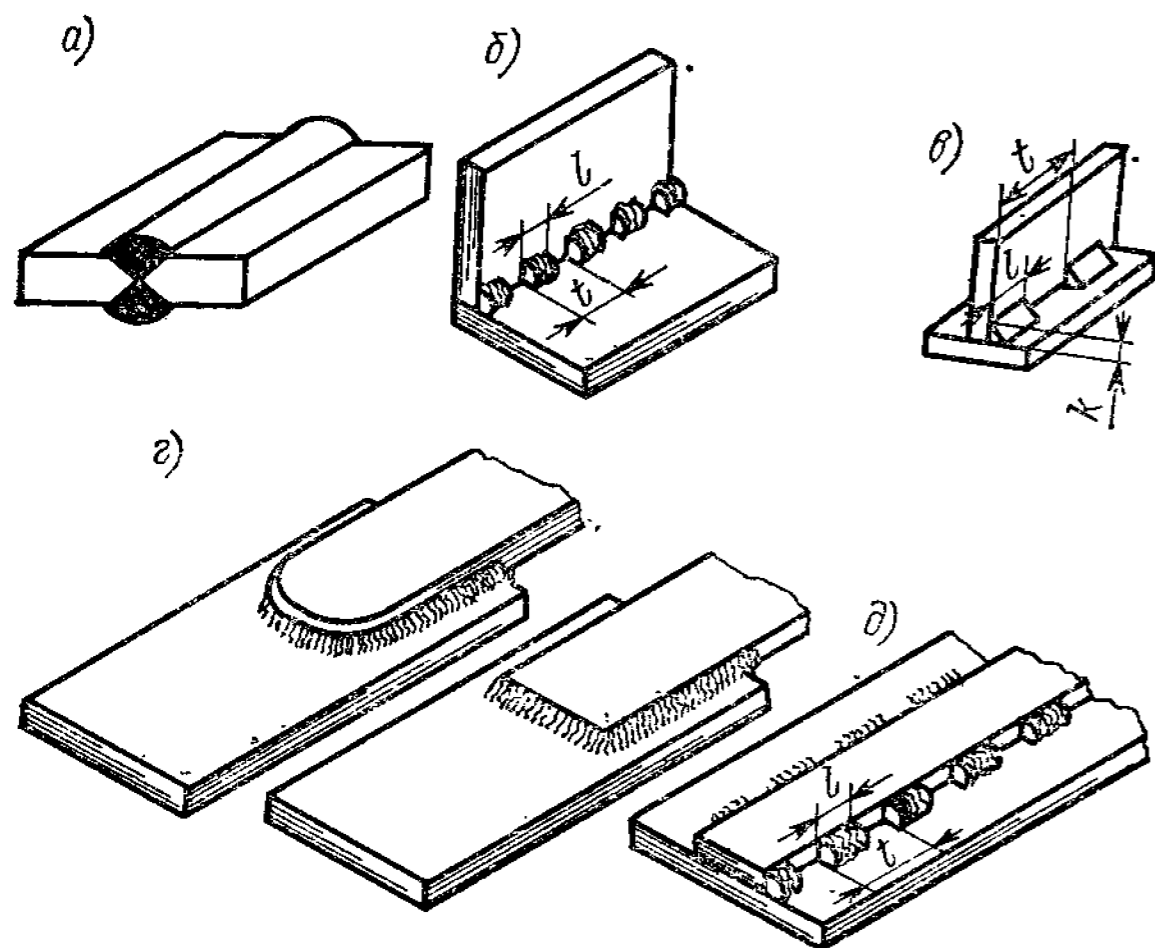


Рис. 16.35. Виды сварных соединений

Швы в поперечном сечении выполняются нормальными с усилением размером  $g$  (рис. 16.36, в). Многие типы швов (тавровые, угловые и нахлесточные) характеризуются размером катета  $k$  треугольного поперечного сечения шва (см. рис. 16.35, в).

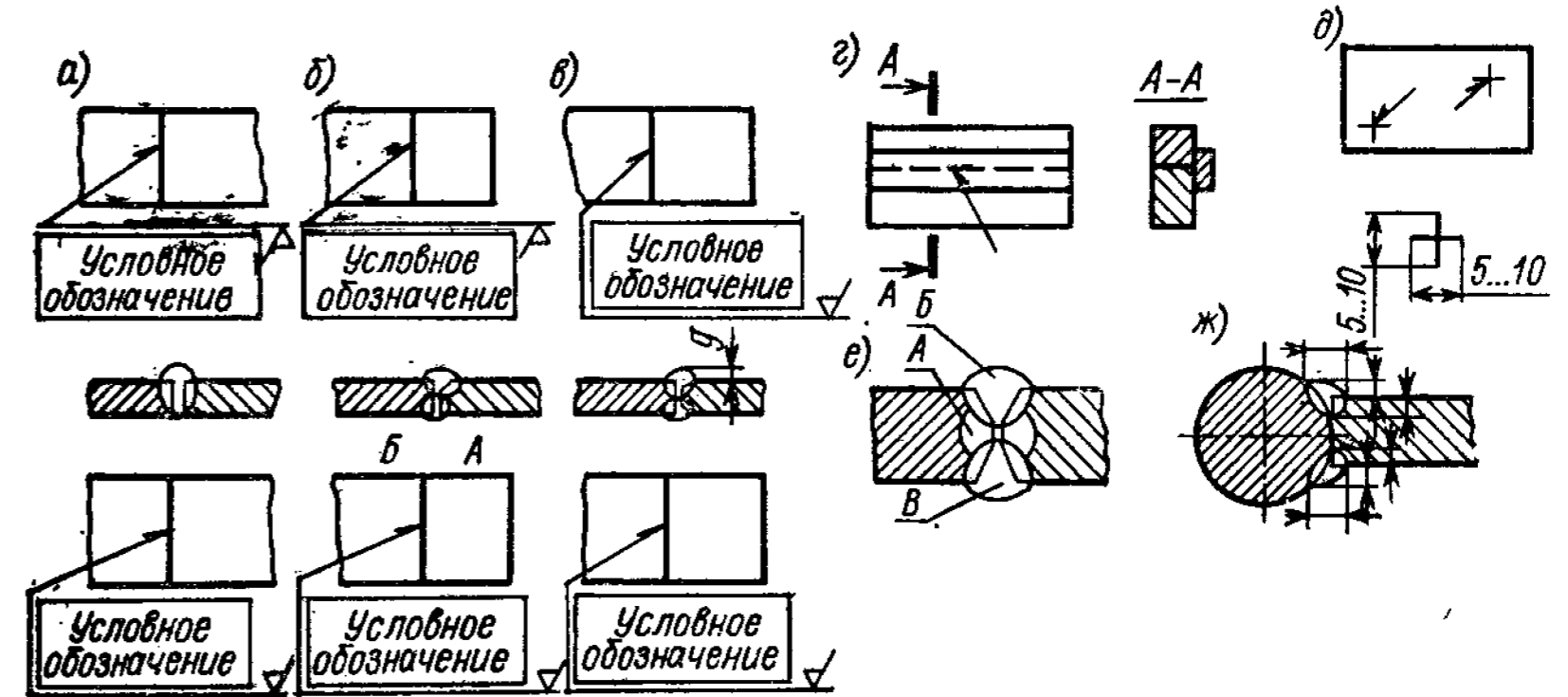


Рис. 16.36. Условное изображение видимых и невидимых сварных швов

Основные типы, конструктивные элементы, размеры и условные обозначения сварных соединений стандартизованы (табл. 16.20). Условное буквенно-цифровое обозначение стандартного шва имеет вид: С1, С2, С3, ..., У1, У2, У3, ..., Т1, Т2, Т3, ..., Н1, Н2, Н3 и т. д.

Таблица 16.20. Стандарты, регламентирующие основные типы, конструктивные элементы, размеры и условные обозначения сварных соединений

ГОСТ	Наименование
5264—80	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные
8713—79	Сварка под флюсом. Соединения сварные
11533—75	Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами
11534—75	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами
14771—76	Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные
14776—79	Дуговая сварка. Соединения сварные
14806—80	Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах. Соединения сварные
15164—78	Электрошлаковая сварка. Соединения сварные
15878—79	Контактная сварка. Соединения сварные
16310—80	Соединения сварные из полиэтилена, полипропилена и винипласта
23518—79	Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами
23792—79	Соединения контактные электрические сварные

Условное изображение и обозначение швов сварных соединений. Условные изображения и обозначения на чертежах швов сварных соединений устанавливает ГОСТ 2.312—72.

Сварной шов независимо от способа сварки изображают на чертеже соединения: видимый — сплошной основной линией (рис. 16.36, а—в); невидимый — штриховой

линией (рис. 16.36, е). От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. При точечной сварке видимую одиночную сварную точку изображают знаком +, невидимые одиночные точки не изображают (рис. 16.36, в).

На изображении сечения многопроходного шва допускается выносить контуры отдельных проходов, при этом их необходимо обозначать прописными буквами русского алфавита (рис. 16.36, е).

Шов, размеры конструктивных элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), изображают с указанием размеров конструктивных элементов,

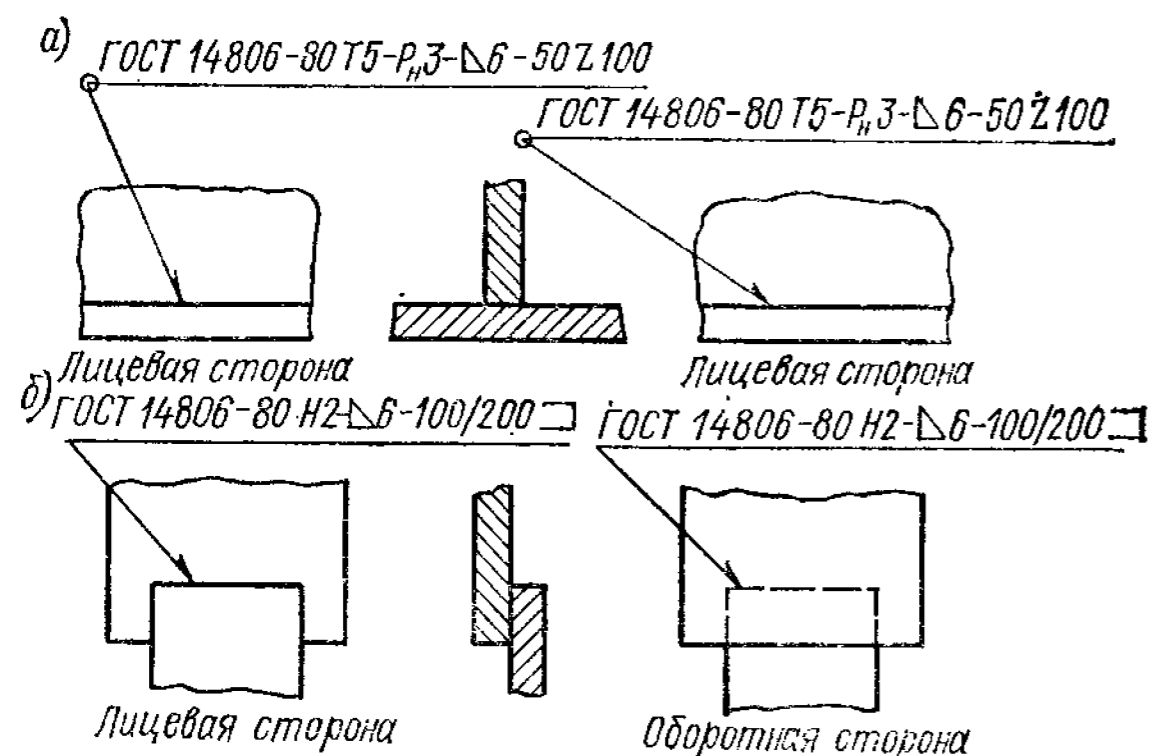


Рис. 16.37. Примеры условного обозначения на чертежах сварных швов

необходимых для выполнения шва по данному чертежу (рис. 16.36, ж). Границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями.

Чертежи сварных деталей оформляют, как чертежи сборочных единиц.

На изображении сварного шва различают лицевую и оборотную стороны. За лицевую сторону одностороннего шва принимают ту сторону, с которой производится сварка. Лицевой стороной двустороннего шва с несимметричной подготовкой (скосом) кромок будет та сторона, с которой производят сварку основного шва (рис. 16.37). Если же подготовка кромок симметричная, то за лицевую сторону принимают любую.

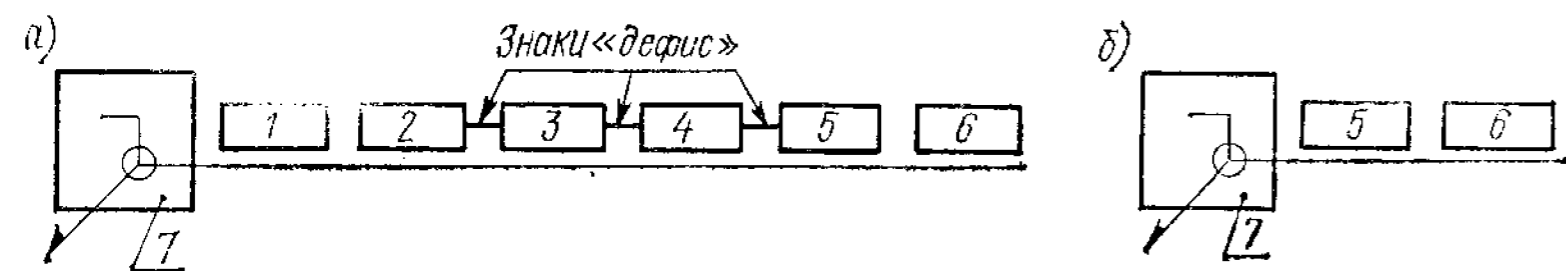


Рис. 16.38. Структура условного обозначения сварного шва: а — стандартного; б — нестандартного

На чертежах сварного соединения каждый шов имеет определенное условное обозначение, которое наносят над или под полкой линии-выноски, проводимой от изображения шва. Условное обозначение лицевого шва наносят над полкой линии-выноски. Условное обозначение оборотного шва наносят под полкой линии-выноски.

Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки (рис. 16.38, а) следующая.

1. Обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (см. табл. 16.20).

2. Буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений.

3. Условное обозначение способа сварки по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (допускается не указывать).

4. Знак  $\triangle$  и размер катета по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений.

Таблица 16.21. Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

Вспомогательный знак		Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
Номер	Обозначение		с лицевой стороны	с оборотной стороны
1		Усиление шва снять		
2		Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
3		Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		
4		Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии 60°		
5		Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
6		Шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3—5 мм		
7		Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа		

5. Для прерывистого шва — длина провариваемого участка, обозначение знака 4 для цепного шва или 5 для шахматного шва (табл. 16.21) и шаг. Для одиночной сварной точки — расчетный диаметр точки. Для шва контактной точечной сварки или электрозаклепочного — расчетный диаметр точки или электрозаклепки, обозначение знака 4 или 5 и шаг. Для шва контактной роликовой сварки — расчетная ши-

рина шва. Для прерывистого шва контактной роликовой сварки — расчетная ширина шва, знак умножения, длина провариваемого участка, обозначение знака 4 и шаг.

6. Обозначение вспомогательных знаков 7, 2 и 1 (табл. 16.21).

7. Обозначение вспомогательных знаков 6 и 3.

После вспомогательных знаков, если указана последующая механическая обработка шва, ставят обозначение шероховатости поверхности обработанного шва (см. рис. 16.36). Вспомогательные знаки выполняют тонкими сплошными линиями, они должны быть одинаковой высоты с цифрами, входящими в обозначение шва.

Примеры условных обозначений швов представлены на рис. 16.37. Так как условное обозначение стандартного шва дает его полную характеристику, то на поперечных сечениях швов подготовку кромок, зазор между кромками и контур сечения шва не указывают. При этом смежные сечения свариваемых деталей штрихуют в разных направлениях (см. рис. 16.37).

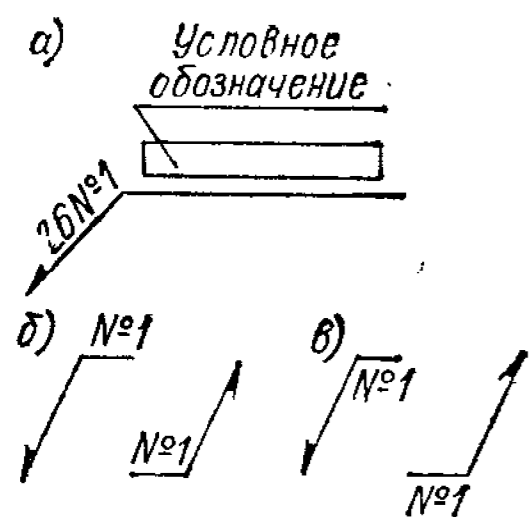
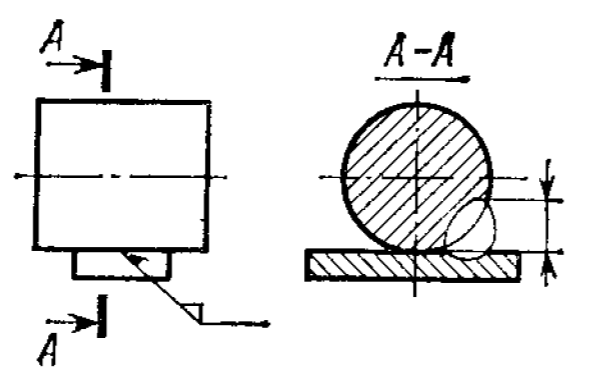


Рис. 16.39. Условное обозначение одинаковых сварных швов



В технических требованиях делают указание: «Сварка ручная электродуговая»

Рис. 16.40. Условное изображение и обозначение нестандартного шва сварного соединения (показан шов соединения без скоса кромок, односторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой при монтаже изделия)

Условное обозначение стандартного сварного шва, показанное на полке линии-выноски на рис. 16.37, а, расшифровывается так: шов таврового соединения (буква Т), без скоса кромок (цифра 5), прерывистый с шахматным расположением элементов, выполненный ручной дуговой сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом по замкнутой линии (Р<sub>нЗ</sub> — обозначение способа сварки); катет сечения шва — 6 мм; длина каждого проваренного участка — 50 мм, шаг — 100 мм (50Z100).

Для швов с нестандартной формой и размерами структура условного обозначения более простая (рис. 16.38, б). В технических требованиях чертежа или таблице швов указывают способ сварки, которым должен быть выполнен нестандартный шов.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят:

- 1) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва (рис. 16.39, а);
- 2) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с лицевой стороны (рис. 16.39, б);
- 3) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с оборотной стороны (рис. 16.39, в).

Число одинаковых швов допускается указывать на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением (рис. 16.39, а).

Упрощенное обозначение швов сварных соединений. При наличии на чертеже швов, выполняемых по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях чертежа (записью по типу: «Сварные швы ... по ...») или в таблице.

Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или оборотной). При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок. На чертеже симметричного изделия при наличии на изображении оси симметрии допускается отмечать линиями-выносками и изображать швы только одной из симметричных частей изделия.

На чертеже изделия, в котором имеются одинаковые составные части, привариваемые одинаковыми швами, эти швы допускается отмечать линиями-выносками и обозначение их наносить только у одного из изображений одинаковых частей (предпочтительно у изображения, от которого проведена линия-выноска с номером позиции). Допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указания по сварке записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении, а также расположение швов.

Одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам или группе швов, приводят один раз — в технических требованиях или таблице.

На рис. 16.40 приведен пример обозначения нестандартного шва сварного соединения.

### 16.15. Условные изображения и обозначения швов неразъемных соединений

Соединения паяные и клееные. Швы неразъемных соединений, получаемые пайкой и склеиванием, изображают, как показано на рис. 16.41 и 16.42. Место соединения элементов в разрезах и на видах изображают линией толщиной 2s, т. е. в два раза толще сплошной основной линии.

Для обозначения пайки и склеивания применяют условные знаки (рис. 16.41, а и 16.42, а), которые наносят сплошной основной линией на линии-выноске.

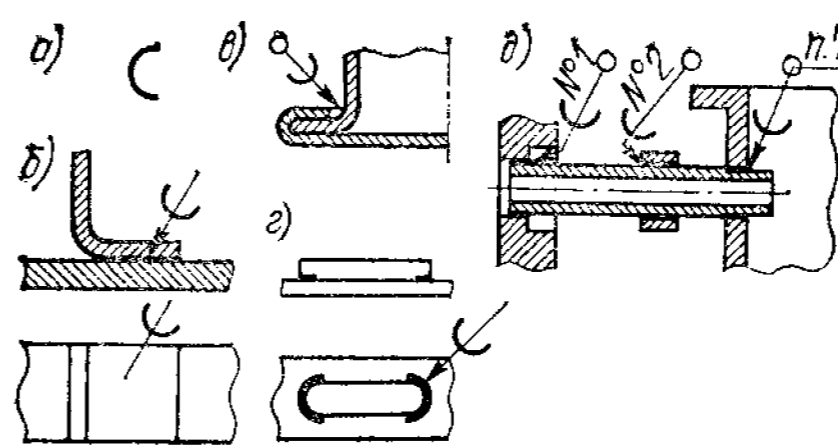


Рис. 16.41. Условное изображение паяных соединений

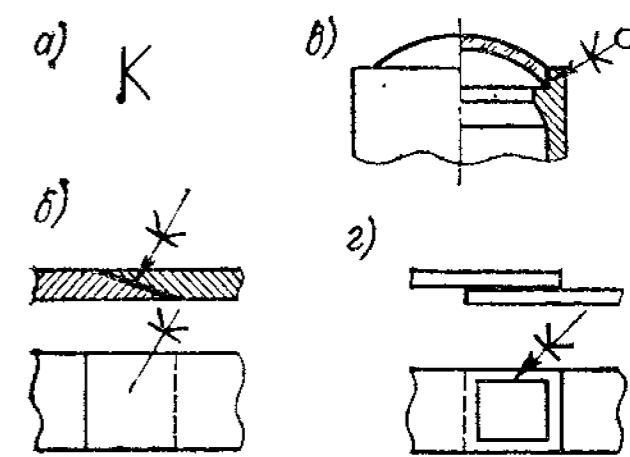


Рис. 16.42. Условное изображение клееных соединений

Линия-выноска заканчивается стрелкой, когда показывается непосредственно шов; при указании невидимых плоскостей соединения стрелка не ставится (рис. 16.41, б и 16.42, б).

Швы, выполненные пайкой и склеиванием по периметру (рис. 16.41, в и 16.42, в), обозначаются окружностью диаметром 3—5 мм, расположенной на конце указывающей линии.

Швы, ограниченные определенным участком, показывают, как на рис. 16.41, г и 16.42, г.

На изображении паяного соединения при необходимости указывают размеры шва и обозначение шероховатости поверхности (рис. 16.43).

Обозначение припоя или клея указывают по соответствующим стандартам или техническим условиям в технических требованиях чертежа записью по типу: «ПОС 40 ГОСТ...» или «Клей БФ-2 ГОСТ...». При необходимости в том же пункте технических требований следует приводить требования к качеству шва. Ссылку на номер пункта следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, например: п. 7 (см. рис. 16.41, д).



Т а б л и ц а 16.22. Примеры условного изображения клепаных соединений по ГОСТ 2.313-82 (СТ СЭВ 138-81)

Тип заклепки	Изображение соединения	Условное изображение	
		в сечении	на виде
Заклепкой с полукруглой, плоской или скругленной головкой, а также с полукруглой, плоской или скругленной замыкающей головкой			
Заклепкой с потайной головкой, а также с полукруглой, плоской или скругленной замыкающей головкой			
Заклепкой с потайной головкой и с потайной замыкающей головкой			
Заклепкой с полупотайной головкой и с потайной замыкающей головкой			
Заклепками специальными			

Клепаные соединения. Все конструктивные элементы и размеры шва клепаного соединения приводят на чертеже. Размещение заклепок указывают на чертеже условно. Примеры условного изображения клепаных соединений на чертеже приведены в табл. 16.22.

Если предмет, изображенный на сборочном чертеже, имеет многорядные клепаные соединения, то одну или две заклепки в сечении или на виде следует показывать условно (табл. 16.22), а остальные центровыми или осевыми линиями (рис. 16.44, а). Если на чертеже имеется несколько групп заклепок, различных по типам и размерам, рекомендуется одинаковые заклепки обозначать условными знаками, как показано на рис. 16.44, б, в.

### 16.16. Изображения пружин

По форме пружины подразделяются на винтовые цилиндрические (рис. 16.45, а—в, и, к), винтовые конические (рис. 16.45, г, д), спиральные (рис. 16.45, е, л), тарельчатые (рис. 16.45, ж), пластинчатые (рис. 16.45, з). Поперечное сечение витков пружины по форме бывает круглое (рис. 16.45, а, в, г, и, к), квадратное (рис. 16.45, б) и прямоугольное (рис. 16.45, д, з, л).

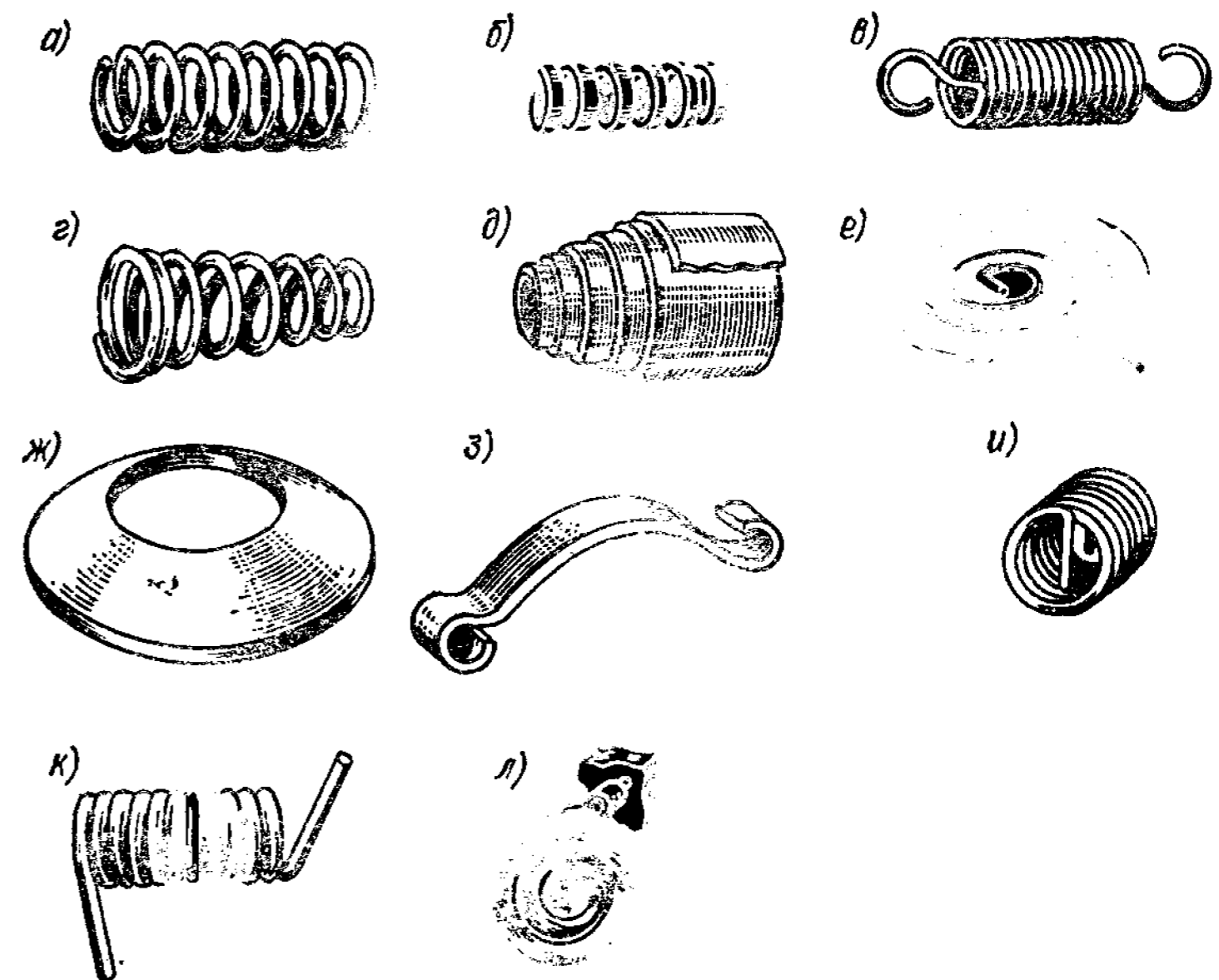


Рис. 16.45. Виды пружин

По виду воспринимаемой нагрузки бывают пружины сжатия (рис. 16.45, а, б, г, д, ж), растяжения (рис. 16.45, в), кручения (рис. 16.45, е, и, к, л), изгиба (рис. 16.45, з).

По направлению (ходу) навивки различают пружины с правой и левой навивкой. На чертежах общего вида и сборочных пружины изображают условно [169]. При вычерчивании вида винтовой цилиндрической или конической пружины витки изображают прямыми линиями, соединяющими соответствующие участки контуров. В разрезе витки изображают прямыми линиями, соединяющими сечения. Допускается в разрезе изображать только сечения витков.

При вычерчивании винтовой пружины с числом витков более четырех показывают с каждого конца пружины один-два витка кроме опорных. Остальные витки

При выполнении швов припоями или клеями различных марок всем швам, выполняемым одним и тем же материалом, следует присваивать один порядковый номер, который следует наносить на линии-выноске (см. рис. 16.41, д). При этом в технических требованиях материал следует указывать записью по типу: «ЛОС 4 ГОСТ ... (№ 1), ПМЦ 36 ГОСТ ... (№ 2) клей БФ-2 ГОСТ ... (№ 3)».

Основные типы и параметры паяных соединений устанавливает ГОСТ 19249-73.

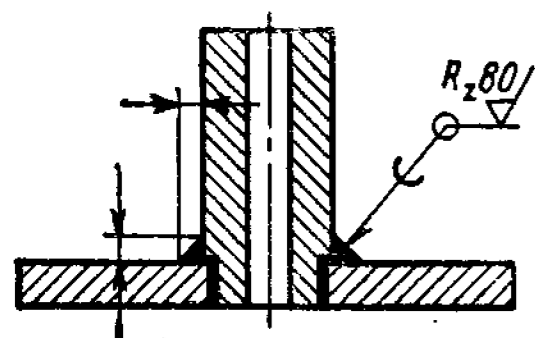


Рис. 16.43. Указание шероховатости и размеров шва паяного соединения

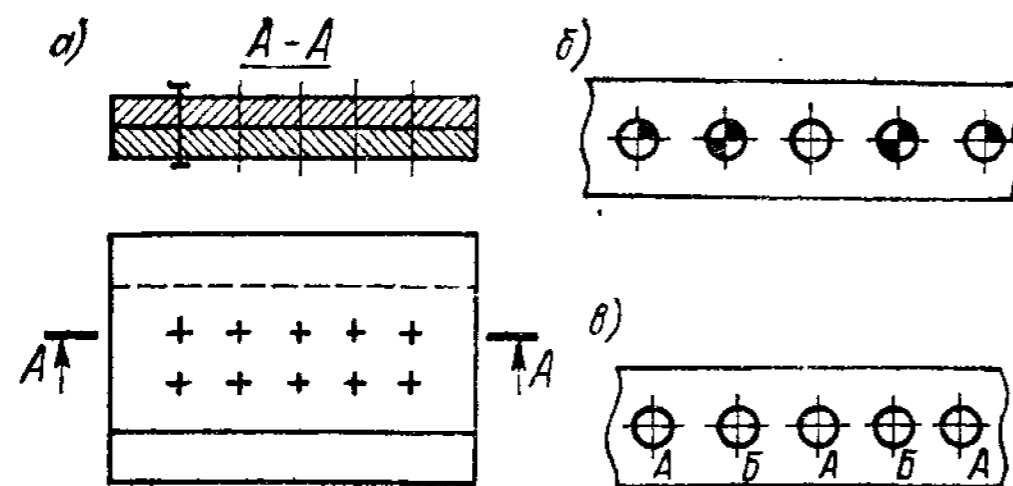


Рис. 16.44. Условные изображения клепаных соединений: а — с заклепками одного типа и размера; б, в — с заклепками различных типов и размеров

не изображают, а проводят осевые линии через центры сечений витков по всей длине пружины.

Пружины на чертежах изображают с правой навивкой. При обусловленных направлениях торцовых моментов допускается изображать пружины с требуемым направлением навивки.

При вычерчивании пакета тарельчатых пружин с числом пружин более четырех с каждого конца изображают две-три пружины, а контур условно непоказанной части пакета — сплошными тонкими линиями.

Если диаметры проволоки и троса или толщина сечения материала на чертеже 2 мм и менее, то пружину изображают линиями толщиной 0,6—1,5 мм; многослойную пластинчатую пружину типа рессоры изображают по внешнему контуру пакета.

Стандарт [169] устанавливает основные правила выполнения рабочих чертежей пружин.

Все типы пружин на рабочих чертежах и эскизах показывают в свободном состоянии, когда на пружину не действуют внешние силы.

Все винтовые пружины на рабочих чертежах изображают с осью, параллельной основной надписи чертежа.

На главном изображении винтовой пружины вместо синусоид, изображающих контуры витков, вычерчивают наклонные к оси прямые линии, соединяющие соответствующие участки контуров или поперечных сечений витков. Опорные витки цилиндрических винтовых пружин сжатия бывают поджаты или на длине целого витка, или на 3/4 длины витка. На опорных витках шлифованием 3/4 дуги окружности создают плоскую опорную поверхность, перпендикулярную к оси пружины. Это предупреждает перекосы пружины при воздействии на нее осевых сил. На рабочем чертеже поджатие и торцовку опорных витков показывают сближением крайних витков пружины с плоскими торцами. Такие пружины имеют несколько

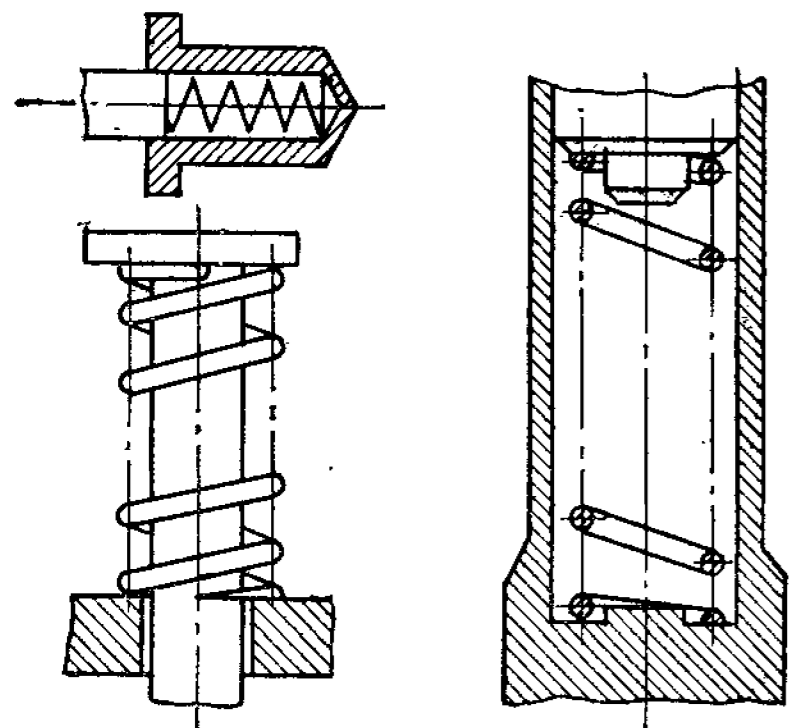


Рис. 16.46. Примеры изображения пружин на сборочных чертежах

рабочих витков и 1,5—2 нерабочих (опорных) витка. Таким образом, полное число витков пружины  $n_1 = n + (1,5 \div 2)$ . Это число витков указывают на рабочем чертеже пружины в технических требованиях, размещенных над основной надписью.

Винтовые пружины сжатия и растяжения должны быть изображены с правым направлением навивки. Левое направление навивки должно быть указано в технических требованиях.

Пружины кручения должны быть изображены с требуемым направлением навивки.

Сортамент материала пружины, полностью определяющий размеры и предельные отклонения поперечного сечения, указывают в разделе «Материалы» основной надписи чертежа. На рабочем чертеже пружины с контролируемыми силовыми параметрами помещают диаграмму испытаний, на которой показывают зависимость нагрузки от деформации или деформации от нагрузки. Если заданным параметром является высота или деформация (линейная или угловая), то указывают предельные отклонения нагрузки — силы или момента. Если заданным параметром является нагрузка, то указывают предельные отклонения высоты или деформации. Для параметров на чертежах пружин установлены условные обозначения, некоторые из которых приведены в стандарте [169]: высота (длина) пружины в свободном состоянии —  $H_0$ ; высота (длина) пружины в свободном состоянии между зацепами —  $H'_0$ ; высота (длина) пружины под нагрузкой —  $H_1, H_2, H_3$ ; деформация (прогиб) пружины осевая —  $F_1, F_2, F_3$ ; диаметр проволоки или прутка —  $d$ ; диаметр троса —  $d_{тр}$ ; диаметр пружины наружный —  $D$ ; диаметр пружины внутренний —  $D_1$ ; диаметр контрольного стержня —  $D_c$ ; диаметр контрольной гильзы —  $D_r$ ; длина развернутой пружины —  $L$ ; шаг пружины —  $t$ .

В технических требованиях чертежа делают запись в следующей последовательности:

$$G = \dots \text{ МПа}; \quad \tau_s = \dots \text{ МПа}$$

$$E = \dots \text{ МПа}; \quad \sigma_s = \dots \text{ МПа}$$

Направление навивки пружины ...

$$n = \dots$$

$$n_1 = \dots$$

$$\dots \text{ HRC}_s \dots$$

$$D_2 = \dots \text{ мм}$$

$$D_c = \dots \text{ мм}$$

\* Размеры и параметры для справок

Здесь  $G$  — модуль сдвига;  $E$  — модуль упругости;  $\tau_s$  — касательное напряжение при кручении;  $\sigma_s$  — нормальное напряжение при изгибе;  $n$  — число рабочих витков;  $n_1$  — полное число витков.

Пружины изготовляют из стали (например, марки 65Г), латуни, бронзы и других материалов.

На рис. 16.46 показаны примеры изображения пружин на сборочных чертежах.

### 16.17. Упрощенные изображения подшипников качения на сборочных чертежах

При упрощенном изображении подшипников качения в осевых разрезах и сечениях на чертежах сборочных единиц внешний контур подшипника проводится сплошными основными линиями толщиной  $s$  [176]. На изображении каждой поло-

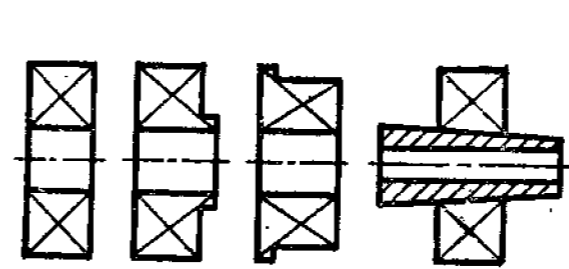


Рис. 16.47. Упрощенное изображение подшипников

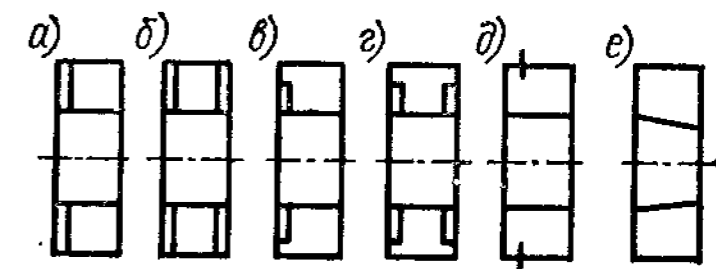


Рис. 16.48 Упрощенное изображение конструктивных особенностей подшипников: а — с одной защитной шайбой; б — с двумя защитными шайбами; в — с односторонним уплотнением; г — с двусторонним уплотнением; д — с установочным кольцом; е — с коническим отверстием

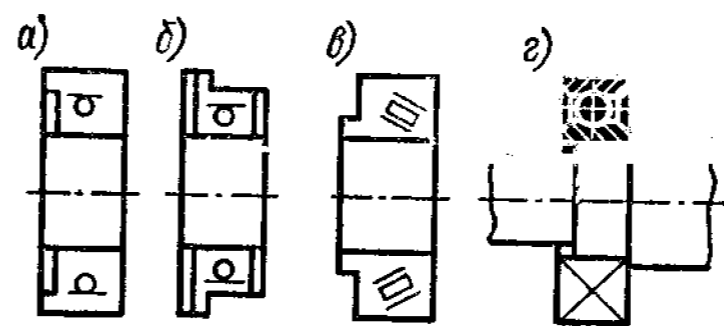
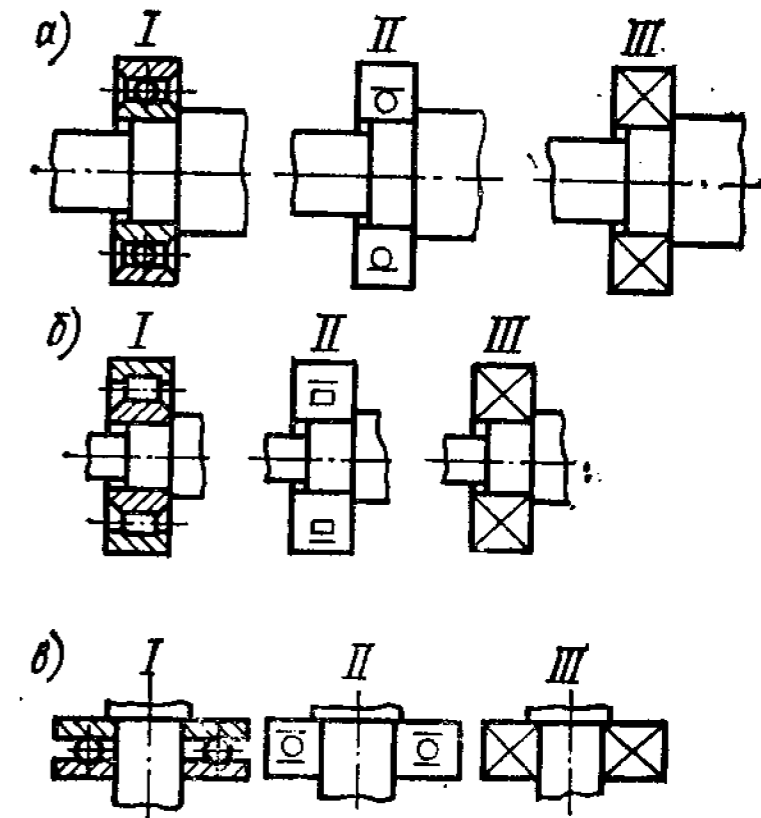


Рис. 16.49. Упрощенное изображение конструктивных особенностей подшипников на сборочных чертежах: а — радиальный шарикоподшипник с односторонним уплотнением; б — радиальный шарикоподшипник с двумя защитными шайбами; в — радиально-упорный роликоподшипник; г — изображение подшипника в разрезе или сечении по ГОСТ 2.109—73

Рис. 16.50. Примеры изображения однорядных подшипников: а — радиальный шарикоподшипник; б — радиальный роликоподшипник; в — упорный шарикоподшипник; I — разрез; II, III — упрощенные изображения с указанием (II) и без указания (III) типа



вины подшипника проводят диагонали сплошными тонкими линиями. Такое изображение не дает представления ни о типе подшипника, ни о его конструктивных особенностях (рис. 16.47).

При необходимости указания на сборочном чертеже типа подшипника в его контур вписывают условное графическое обозначение по ГОСТ 2.770—68.

Примеры упрощенных изображений подшипников без указания конструктивных особенностей приведены в табл. 16.23. При необходимости указания конструктивных особенностей подшипника следует руководствоваться изображениями, приведенными на рис. 16.48 [176].

Упрощенное изображение подшипника на чертеже должно соответствовать его рабочему положению в сборочной единице. Упрощенное изображение подшипника на сборочном чертеже, содержащее сведения о его конструктивных особенностях, должно состоять из элементов, приведенных в табл. 16.23 и на рис. 16.48—16.50.

Таблица 16.23. Упрощенное изображение подшипников качения на чертежах общих видов и сборочных по ГОСТ 2.420—69 \* (СТ СЭВ 1797—79)

Тип подшипника	Упрощенное изображение
Радиальный шариковый: однорядный — а; самоустанавливающийся (сферический) — б Радиальный игольчатый: однорядный — в; двухрядный — г	а) б) в) г)
Радиально-упорный шариковый: однорядный — а; сдвоенный — б—г;	а) б) в) г)
Упорный шариковый: одинарный — а; двойной — б Упорный роликовый одинарный — в Упорный игольчатый однорядный — г	а) б) в) г)
Радиальный роликовый: одинарный — а; двухрядный — б; самоустанавливающийся (сферический) — в	а) б) в)
Радиально-упорный роликовый: однорядный — а; двухрядный — б, четырехрядный — в	а) б) в)

### 16.18. Условные изображения шлицевых и шпоночных соединений

Профили зубьев и впадин шлицевых поверхностей бывают прямобочными, эвольвентными (боковые стороны профиля зуба очерчены эвольвентой) и треугольными.

Зубчатые поверхности валов и отверстия соединяемых с валами деталей вычерчивают упрощенно [175]. На рис. 16.51, а показано упрощенное изображение вала с зубчатым участком. Образующие цилиндра впадин должны пересекать линию границы фаски и проходить по ее изображению. При изображении вала в продольном

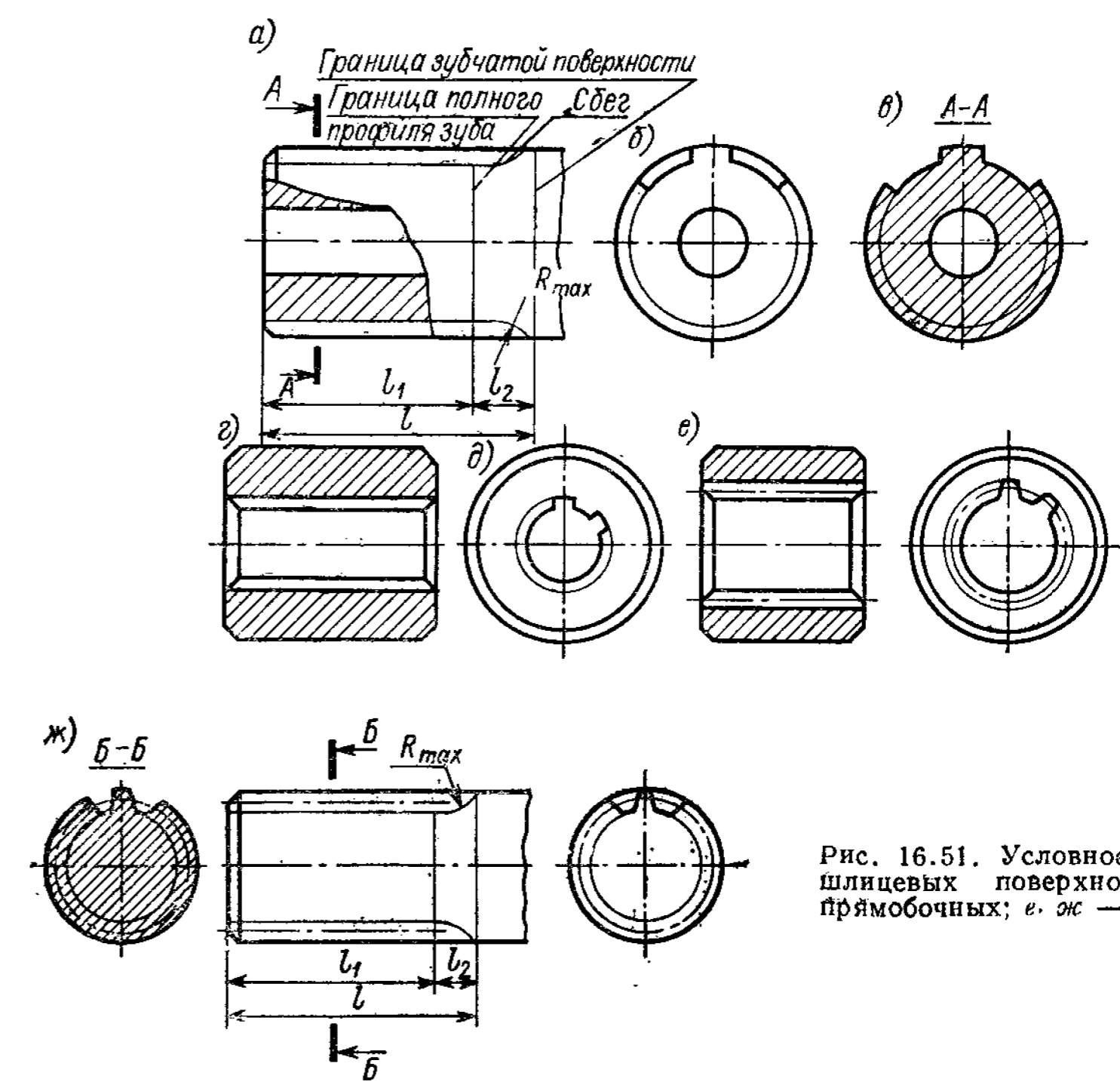


Рис. 16.51. Условное изображение шлицевых поверхностей: а—д — прямобочных; е, ж — эвольвентных

разрезе образующие цилиндра впадин показывают сплошной основной линией, а зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают нерассеченными (рис. 16.51, а).

На изображении торца зубчатой части вала показывают профиль только одного зуба и двух впадин; окружность, ограничивающую выступы, изображают сплошной основной линией. Дугу окружности, ограничивающей впадины, изображают сплошной тонкой линией (рис. 16.51, б), фаску на этом виде не показывают. При необходимости допускается изображать большее число зубьев и впадин.

В сечениях, перпендикулярных к оси зубчатой части вала, вычерчивают один зуб и две впадины, а также проводят дугу окружности впадин (рис. 16.51, в).

Если детали, имеющие зубчатые отверстия, вычерчивают в продольном разрезе, впадины условно совмещают с плоскостью чертежа (рис. 16.51, е). На изображении торца зубчатого отверстия показывают профиль одного зуба и двух впадин, дугу окружности впадин проводят сплошной тонкой линией (рис. 16.51, д).

Все указанные правила применяют и при изображении деталей зубчатых соединений эвольвентного (рис. 16.51, е, ж) и треугольного профилей. Чертежи этих деталей дополняют изображениями образующих делительных окружностей, которые вычерчивают тонкими штрихпунктирными линиями.



Границу зубчатой поверхности вала, а также границу между зубьями полного профиля и сбегом показывают сплошной тонкой линией (см. рис. 16.51, а, ж).

Если секущая плоскость проходит через ось зубчатого соединения, то при его изображении на разрезе показывают только ту часть поверхности выступов отверстия, которая не закрыта валом (рис. 16.52, а). Радиальный зазор между зубьями и впадинами вала и отверстия не показывают (рис. 16.52, б).

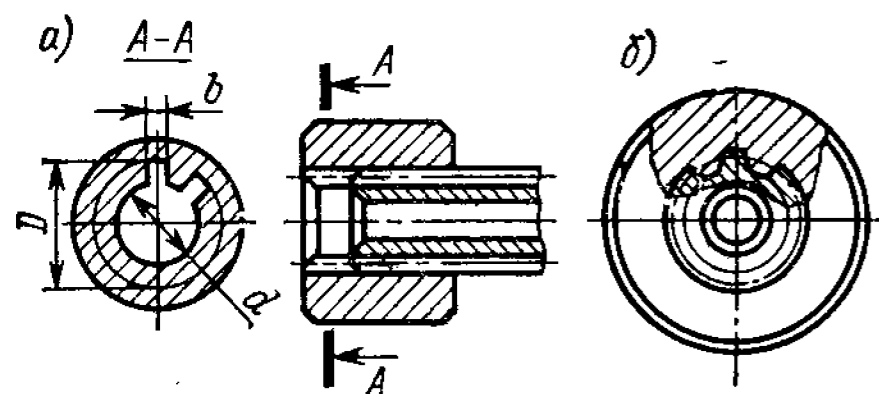


Рис. 16.52. Условное изображение шлицевых соединений

На сборочных чертежах допускается указывать условное обозначение зубчатого соединения по соответствующему стандарту (см. гл. 9) или другому нормативно-техническому документу с обязательной ссылкой на эти документы. Условные обозначения помещают на полке линии-выноски.

Чертежи деталей зубчатых соединений должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов

ЕСКД и стандарта [175]. На изображениях зубчатых валов, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси, указывают длину зубьев полного профиля  $l_1$  до сбега (см. рис. 16.51, а, ж). Допускается дополнительно указывать или полную длину зубьев  $l$ , или наибольший радиус инструмента  $R_{\max}$ , или длину сбега  $l_2$  (см. рис. 16.51, ж).

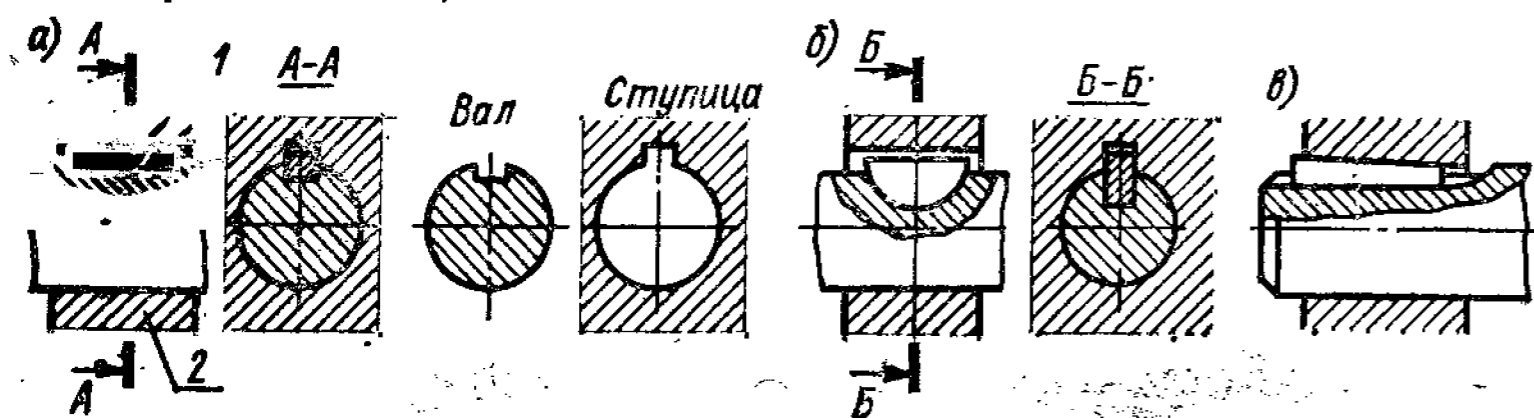


Рис. 16.53. Условное изображение шпоночных соединений (проставку размеров см. в п. 9.1)

На чертеже детали стандартизованного зубчатого соединения указывают в технических требованиях или на полке линии-выноски условное обозначение вала или отверстия по соответствующим стандартам (см. гл. 9).

На сборочном чертеже шпоночного соединения при выполнении продольного разреза шпонка условно изображается неразрезанной. На чертеже соединения призматической шпонкой (рис. 16.53, а) показывают зазор между верхней плоскостью шпонки 1 и дном канавки во втулке 2.

Соединения сегментной (рис. 16.53, б) и клиновой (рис. 16.53, в) шпонками мало отличаются от рассмотренного. При клиновой шпонке зазоры располагаются по бокам, при сегментной изменяется форма канавки в вале.

## Глава 17. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКТОРСКИМ ДОКУМЕНТАМ

### 17.1. Общие требования к чертежам

Общие требования к чертежам устанавливает стандарт [150]. На стадиях разработки (см. п. 15.2), включающих техническое предложение (ГОСТ 2.118—73), эскизный проект (ГОСТ 2.119—73) и технический проект (ГОСТ 2.120—73), разрабатываются чертежи общего вида изделия. На завершающей стадии разрабатывается рабочая документация на основании чертежа общего вида: чертежи отдельных дета-

лей, сборочный чертеж, спецификация, а при необходимости монтажный и габаритный чертежи.

**Чертежи общего вида.** Чертеж общего вида (ГОСТ 2.118—73—ГОСТ 2.120—73) — это документ, определяющий конструкцию изделия и взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Чертеж общего вида должен включать следующие элементы.

1. Виды, разрезы и сечения изделия, надписи и текстовую часть, необходимые для понимания его конструктивного устройства, взаимодействия его составных частей и принципы работы.

2. Наименования (если возможно, то и обозначения) составных частей изделия, для которых объясняется принцип работы, приводятся технические характеристики, материал, количество, и тех составных частей изделия, с помощью которых описывается принцип его работы, поясняются изображения общего вида и состав изделия.

3. Необходимые габаритные, присоединительные, установочные и конструктивные размеры и, если требуется, схему изделия и технические характеристики.

Рис. 17.1. Варианты головки таблицы составных частей изделия

Чертеж общего вида выполняют с упрощениями, предусмотренными стандартом [150] на оформление рабочих чертежей и другими стандартами ЕСКД (см. пп. 16.13—16.18). Составные части изделия (в том числе заимствованные и покупные) изображают упрощенно (отдельные даже контурными очертаниями), если при этом понятны конструктивное устройство, взаимодействие составных частей и принцип работы изделия. Составные части изделия могут изображаться на одном листе с общим видом или на отдельных последующих листах чертежа общего вида.

Элементы чертежа общего вида (номера позиций, текст технических требований, надписи и др.) также выполняют по правилам, установленным стандартами ЕСКД для рабочих чертежей.

Выносные элементы изображения обозначают римскими цифрами, а виды, разрезы, сечения, поверхности, размеры и другие элементы чертежа — прописными буквами русского алфавита.

Наименования и обозначения составных частей изделия указывают тремя способами: 1) на полках линий-выносок, проведенных от деталей на чертеже общего вида; 2) в таблице, размещаемой на чертеже общего вида; 3) в таблице, выполненной на отдельных листах формата А4 в качестве последующих листов чертежа общего вида.

При наличии таблицы номера позиций составных частей изделия указывают на полках линий-выносок в соответствии с этой таблицей.

Таблица в общем случае состоит из граф: «Поз.» (позиция), «Обозначение», «Кол.» (количество), «Доп. указания» (дополнительные указания), но может включать графы «Материал», «Наименование» и др. (рис. 17.1).

Составные части в таблицу рекомендуется записывать в следующей последовательности (ГОСТ 2.119—73): заимствованные, покупные и вновь разрабатываемые изделия.

Компоновка чертежа общего вида приведена на рис. 17.2. Над основной надписью размещают таблицу составных частей изделия. На поле чертежа над таблицей составных частей или основной надписью, если таблица отсутствует, помещают необходимую текстовую часть (технические требования, технические характеристики, которые необходимы для последующей разработки рабочих чертежей) в виде колонки шириной не более 185 мм. При необходимости текст размещают в одну, две и более колонок (вторая и последующая колонки располагаются слева от основной надписи).



Между текстовой частью и таблицей основных частей (или основной надписью) не допускается помещать изображения, другие таблицы и т. п.

Технические требования на чертеже общего вида излагают в соответствии со стандартом [166] (см. п. 16.8).

В технической характеристике указывают производительность аппарата, частоту вращения, мощность электромотора привода и т. п. Техническую характеристику часто оформляют в виде таблицы.

На свободном поле чертежа справа от изображения или ниже его размещают необходимые таблицы. Все таблицы заполняют сверху вниз. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм, высота головки 15 мм. Текстовую часть (таблица и др.) выполняют по стандарту [147].

**Рабочие чертежи.** При разработке рабочих чертежей необходимо обеспечивать следующие требования:

1) оптимальное применение стандартных и покупных изделий, а также других изделий, освоенных ранее в производстве и соответствующих современному уровню техники;

2) рационально ограниченную номенклатуру резьб, шлицев и других конструктивных элементов, их размеров, покрытий и т. д.;

3) рационально ограниченную номенклатуру марок и сортов материалов, а также применение наиболее дешевых и наименее дефицитных материалов;

4) необходимую степень взаимозаменяемости, наиболее выгодные способы изготовления и ремонта изделий, а также максимальное удобство их обслуживания в эксплуатации.

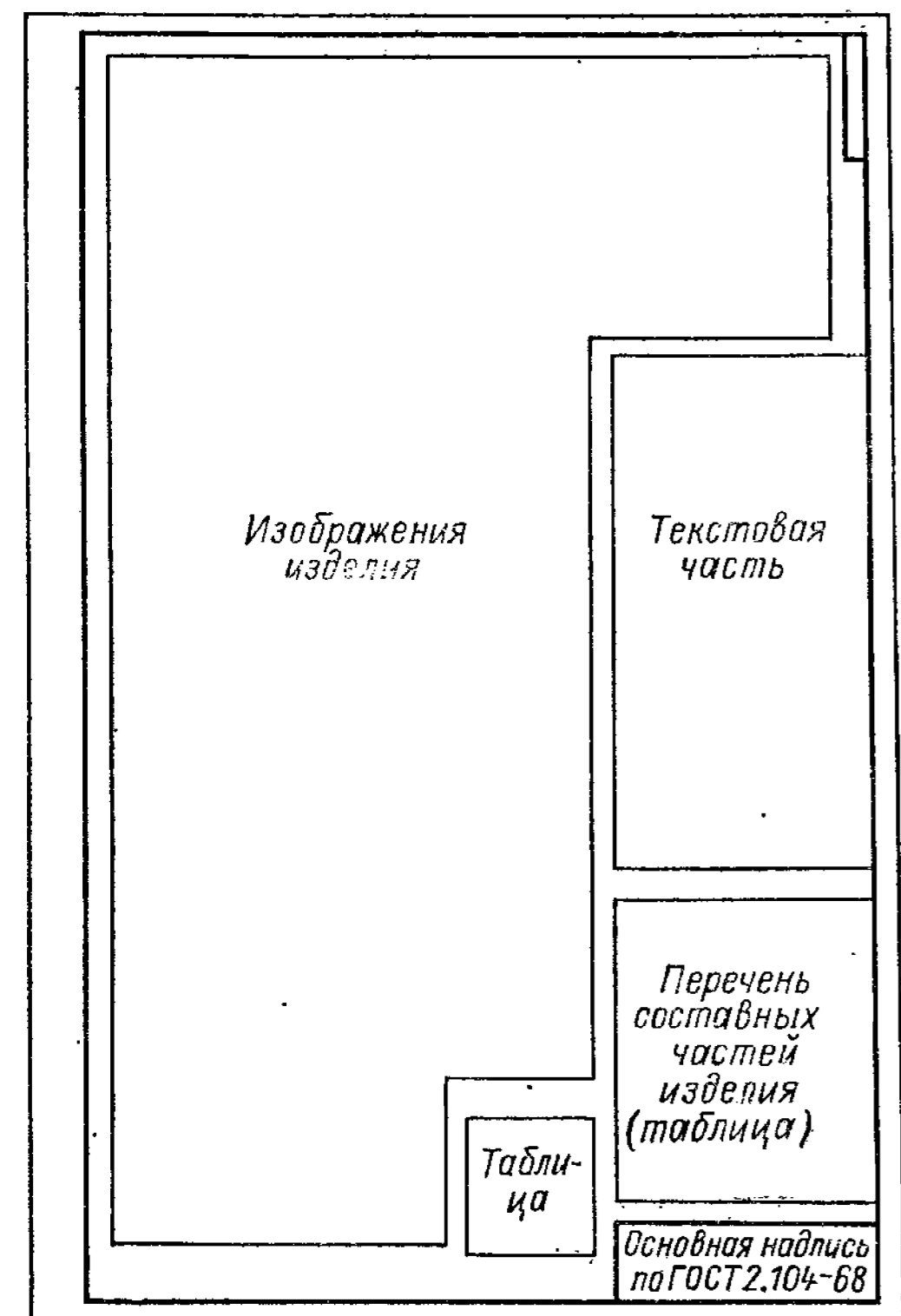


Рис. 17.2. Компонировка чертежа общего вида

На каждое изделие выполняют отдельный чертеж, за исключением группы изделий, обладающих общими конструктивными признаками, на которую выпускают групповой чертеж (ГОСТ 2.113—75).

На каждом чертеже помещают основную надпись и дополнительные графы к ней (см. п. 16.2). При выполнении чертежа на нескольких листах на первом листе выполняют основную надпись по форме 1 (высотой 55 мм), на последующих листах — по форме 2а (высотой 15 мм). Обозначение изделия на всех листах должно быть одинаковым.

В графе 5 основной надписи чертежей деталей и сборочных приводят расчетную или фактическую массу изделия в килограммах без указания единицы величины. На габаритных и монтажных чертежах, на чертежах изделий опытных образцов и изделий единичного производства массу допускается не указывать.

Наименование изделия в основной надписи записывают в соответствии с установленной терминологией в именительном падеже, в единственном числе, помещая на первое место имя существительное, например: «Приспособление фрезерное»; «Колесо зубчатое».

На чертежах разрешается давать ссылки на государственные, отраслевые, республиканские стандарты и технические условия, а также на технологические инструкции при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования. Ссылки на стандарты предприятий разрешается давать на чертежах изделий вспомогательного производства.

Технологические указания на рабочих чертежах помещать не допускается, за исключением тех случаев, когда конструктор указывает, например, какой-либо способ изготовления, считая его единственным, обеспечивающим качество изделия.

Если отверстия под установочные винты, заклепки, штифты должны быть сделаны в собранном изделии без предварительной обработки отверстий меньшего диаметра в деталях, на чертежах деталей отверстия не изображают и никаких указаний в технических требованиях не помещают. Все необходимые данные для обработки таких отверстий помещают на сборочном чертеже.

**Сборочные чертежи [150].** Число сборочных чертежей должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий.

К сборочному чертежу составляется на отдельных листах формата А4 спецификация [149], которая определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и необходима для изготовления и комплектования конструкторских документов (см. п. 16.3).

Сборочный чертеж должен содержать следующие элементы.

1. Изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Допускается на сборочных чертежах помещать схемы соединения или расположения составных частей изделия, если их не оформляют как самостоятельные документы. При необходимости на сборочных чертежах приводят данные о работе изделия и о взаимодействии его частей.

2. Размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющие характер сопряжения.

3. Указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.).

4. Номера позиций составных частей, входящих в изделие.

5. Габаритные размеры изделия<sup>1</sup>.

6. Установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры<sup>2</sup>. При указании установочных и присоединительных размеров должны быть нанесены: координаты расположения, размеры с предельными отклонениями элементов, служащих для соединения с сопрягаемыми изделиями; другие параметры, служащие элементами внешней связи, например для зубчатых колес модуль, число и направление зубьев.

7. Координаты центра масс (при необходимости).

8. Техническую характеристику изделия (при необходимости).

В некоторых случаях промышленной практики (при единичном и опытном производстве) сборочные чертежи также содержат:

1) размеры с предельными отклонениями для тех сопряжений, качество которых зависит от предусмотренных способов сборки, применяемых приспособлений и т. п., например для сопряжений валов и корпусов с внутренними и наружными кольцами подшипников качения; сопряжений валов с муфтами сцепления, шкивами, зубчатыми колесами, червячными колесами, червяками, маховиками, эксцентриками, кулаками; для венцов червячных колес с центрами и т. п.

<sup>1</sup> Размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.  
<sup>2</sup> Размеры элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию. Размеры, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например ход поршня, ход штока клапана и т. п. Размеры, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных, присоединительных или габаритных.

2) размеры с предельными отклонениями для тех сопряжений, которые необходимы для руководства при сборке и разборке изделия, а также для внесения ясности при суждении о конструкции изделия или о взаимодействии его частей, например для сопряжений валов с подшипниками скольжения, поршней с цилиндрами, ползунков и кареток с направляющими, шеек валов (по ширине) с шатунами; для шлицевых и других сопряжений деталей, неподвижных или перемещающихся относительно друг друга; для сопряжений крышек, стаканов, втулок и других деталей с корпусами и т. д.

Предельные отклонения размеров указывают на сборочных чертежах условными обозначениями полей допусков или числовыми значениями предельных отклонений в соответствии с примерами, приведенными в табл. 16.14.

На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами. Если при изображении перемещающихся частей затрудняется чтение чертежа, то эти части допускается изображать на дополнительных видах с соответствующими надписями, например: «*Крайние положения каретки поз. 5*».

На сборочном чертеже изделия вспомогательного производства (например, приспособления для механической обработки: кондуктора, штампа и т. п.) допускается помещать в правом верхнем углу операционный эскиз.

При выполнении сборочного чертежа следует применять упрощения и условности, допускаемые стандартами ЕСКД.

Допускается не показывать: а) фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и другие мелкие элементы; б) зазоры между стержнем и отверстием; в) крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. Над изображением делают соответствующую надпись, например: «*Крышка не показана*» или «*Крышка поз. 3 не показана*».

Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной лишь сечениями витков, изображают до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков.

Штриховка смежных деталей в разрезах и сечениях выполняется в соответствии со стандартами (см. п. 16.5). Стандартные крепежные детали, шпонки, непустотелые валы, шпиндели, шатуны, рукоятки и тому подобные детали при продольном разрезе изображают нерассеченными.

На сборочных чертежах применяют следующие способы упрощенного изображения составных частей изделий:

1) на разрезах изображают нерассеченными составные части изделий, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи;

2) типовые, покупные и другие широко применяемые изделия изображают внешними очертаниями, которые следует упрощать, не выполняя мелких выступов, впадин и т. п.

Изделия, детали которых изготовлены из однородного материала и соединены с помощью сварки, пайки, склеивания и других соединений (представляют собой неразъемное соединение), в разрезах и сечениях можно изображать тремя способами:

1) соприкасающиеся детали штрихуют в одну сторону, границы деталей выполняют сплошными основными линиями;

2) соприкасающиеся детали штрихуют в одну сторону без указания границ между ними (как монолитное тело);

3) соприкасающиеся детали штрихуют с наклоном штрихов в разные стороны — по общим правилам штриховки смежных деталей.

Изображения крепежных деталей, пружин, подшипников, сварных, паяных, клееных соединений, а также зубчатых и других зацеплений, шпоночных и шлицевых соединений наносят условно или упрощенно (см. пп. 16.13—16.16).

Если необходимо указать положение центра масс изделия, то на чертеже приводят соответствующие размеры и на полке линии-выноски помещают надпись «*Ц. М.*».

Номера позиций составных частей изделия на сборочном чертеже указывают на проводимых от изображений этих частей полках линий-выносок, один конец которых (пересекающий линию контура) заканчивается точкой, другой — полкой. Линии-выноски проводят от видимых проекций составных частей изделия, изображенных на основных видах или заменяющих их разрезах.

Номера позиций сборочных единиц, деталей и тому подобных элементов наносят над полками линий-выносок в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации сборочного чертежа (на чертеже общего вида — в соответствии с номерами позиций, указанными в таблице перечня составных частей изделия).

Линию-выноску и полку проводят сплошной тонкой линией. Линии-выноски не должны быть параллельными линиям штриховки, не должны пересекаться между собой и с размерными линиями. Допускается проводить линии-выноски с одним изломом.

Цифры, соответствующие номерам позиций, проставляют параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения таким образом, чтобы они располагались по одной горизонтальной или вертикальной линии (насколько это возможно), шрифтом, размер которого на один-два номера больше, чем у размерных чисел. Номер позиции наносят на чертеже один раз, в случае необходимости допускается указывать его повторно. Допускается общая линия-выноска с вертикальным расположением номеров позиций:

1) для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления, причем если разные составные части крепятся одинаковыми крепежными деталями, то после номера соответствующей позиции допускается проставлять в скобках число этих крепежных деталей;

2) для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключаяющей различное понимание, и при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части; в этих случаях линию-выноску отводят от закрепляемой составной части;

3) для отдельных составных частей изделия, которые из-за трудности их графического изображения на чертеже не показывают, местонахождение определяется с помощью линии-выноски от видимой составной части изделия, с которой данная составная часть контактирует. В технических требованиях чертежа помещают соответствующее указание типа: «*Жгуты поз. 12 под скобками обернуть прессшпаном поз. 22*».

**Габаритные чертежи [150].** Габаритные чертежи не предназначены для изготовления по ним изделий и не должны содержать данных для изготовления и сборки.

Габаритный чертеж выполняют с максимальными упрощениями, но так, чтобы были видны крайние положения перемещающихся, выдвигаемых или откидываемых частей, рычагов, кареток, крышек на петлях и т. п. Элементы, незначительно выступающие за основной контур, допускается не показывать. Число видов должно быть минимальным, но достаточным, чтобы дать представление о внешних очертаниях изделия и его выступающих элементах. Изображения изделия выполняют сплошными основными линиями, а очертания частей, перемещающихся в крайние положения, — тонкими штрихпунктирными с двумя точками.

На габаритном чертеже допускается изображать тонкими линиями «обстановку» — детали и сборочные единицы, не входящие в состав изделия (см. [150]).

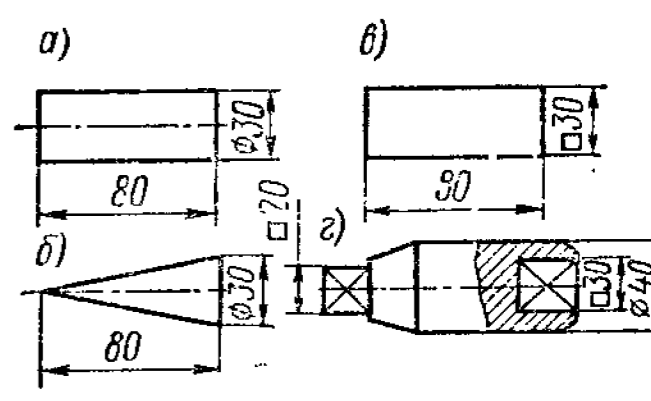
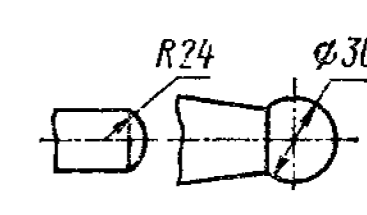
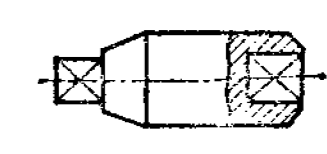
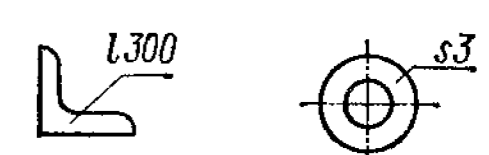
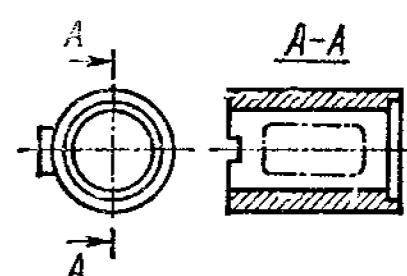
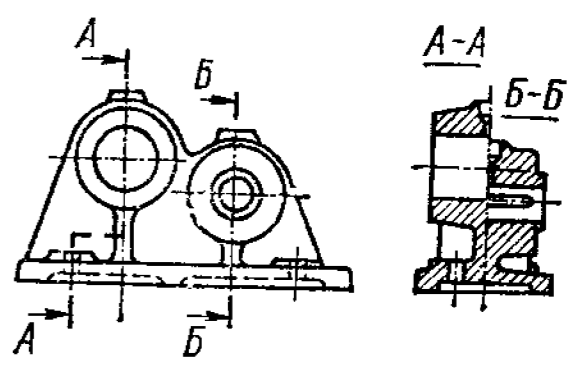
На габаритном чертеже наносят габаритные, установочные и присоединительные размеры, определяющие положение выступающих частей, не указывая, что все эти размеры справочные. Установочные и присоединительные размеры, необходимые для увязки с другими изделиями, должны быть с предельными отклонениями. Допускается указывать координаты центра масс. На габаритном чертеже можно указывать условия применения, хранения, транспортирования и эксплуатации изделия.

**Монтажные чертежи [150].** Монтажный чертеж должен содержать: 1) изображение монтируемого изделия; 2) изображение изделий, применяемых при монтаже, а также полное или частичное изображение устройства (конструкции, фундамента), к которому изделие крепится; 3) установочные и присоединительные размеры с предельными отклонениями; 4) перечень составных частей, необходимых для монтажа (на первом листе чертежа над основной надписью); таблица перечня может быть выполнена по форме 1 [149], за исключением граф «*Формат*» и «*Зона*»; в перечень записывают монтируемое изделие, а также сборочные единицы, детали и материалы, необходимые для монтажа; допускается перечень не приводить, но указывать обозначения этих составных частей на полках линий-выносок; 5) технические требования к монтажу изделия.

Монтажный чертеж выполняют по правилам, установленным для сборочных чертежей, с учетом дополнительных правил, разработанных для монтажных чертежей.



Таблица 17.1. Условности и упрощения на чертежах деталей

Пояснение	Графическое обозначение
<p align="center"><i>Условности и упрощения, сокращающие число изображений</i></p> <p>Применение условных знаков <math>\varnothing</math> и <math>\square</math> позволяет ограничиться одним изображением (видом, разрезом) цилиндрических (а), конических (б) и призматических (в), имеющих квадратные основания, элементов; благодаря применению знаков <math>\varnothing</math> и <math>\square</math> можно также ограничиться одним изображением детали, состоящей из таких элементов (г)</p> <p>Если бы детали, представленные на рисунке, были вычерчены без нанесения знаков <math>\varnothing</math> и <math>\square</math>, для выявления их формы потребовалось бы по два вида</p>	
<p>Одним видом можно выявить и сферическую поверхность, если, как это предусмотрено ГОСТ 2.307—68*, вынести перед знаком <math>\varnothing</math> (<math>R</math>) слово «Сфера» (только в тех случаях, когда без этого слова трудно отличить сферу от других поверхностей). На рисунке дан пример, когда добавлять слово к размерным числам <math>R\ 24</math> и <math>\varnothing\ 30</math> нет необходимости</p>	
<p>Если нужно выделить на изображении детали плоскую поверхность, то ее отмечают тонкими сплошными пересекающимися линиями (диагоналями)</p>	
<p>Благодаря нанесению условных обозначений толщины (<math>s3</math>) и длины (<math>l300</math>) детали, плоские и длинные предметы можно показывать одной проекцией</p>	
<p>Допускается часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе (наложенная проекция)</p>	
<p>Если вид сверху не является необходимым и чертеж составляется из изображений на фронтальной и профильной плоскостях проекций, то при ступенчатом разрезе линия сечения и надписи, относящиеся к разрезу, наносятся так, как показано на рисунке</p>	

Монтируемое изделие изображают упрощенно, внешними очертаниями, за исключением тех элементов конструкции, которые необходимы для правильного монтажа и выполняются с необходимыми подробностями. Устройство, к которому крепится изделие (объект, фундамент), изображают упрощенно сплошными тонкими линиями как «обстановку» [150]. Наименование и обозначение устройства, к которому крепится монтируемое изделие, указывают на полке линии-выноски или непосредственно на изображении.

**Чертежи деталей [150].** На все детали, входящие в состав изделия, разрабатывают рабочие чертежи. Исключения составляют детали, изготовляемые из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом, из листового материала отрезкой по периметру прямоугольника или по окружности без последующей обработки; покупные детали, подвергаемые декоративному или антикоррозионному покрытию, не изменяющему характер сопряжения со смежными деталями; детали изделий индивидуального производства, форма и размеры (радиус сгиба, длина и т. п.) устанавливаются по месту; простые по конструкции детали изделий с неразъемными соединениями (сварными, паяными, клееными, сбитыми гвоздями и т. п.), для изготовления которых достаточно одного изображения на свободном поле сборочного чертежа или трех-четырех размеров на сборочном чертеже всего изделия.

На сборочных чертежах и в спецификации приводят данные, необходимые для изготовления и контроля деталей, на которые не выпускают самостоятельные чертежи.

В соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСКД СЭВ на чертеже детали указывают: 1) обозначения размеров [157] (см. п. 16.10); 2) обозначения предельных отклонений размеров [157] (см. п. 16.11); 3) обозначения предельных отклонений геометрической формы и расположения поверхностей [158] (см. п. 16.12); 4) обозначения шероховатости поверхностей деталей [159] (см. п. 16.6); 5) обозначения покрытий и показателей свойств материала готовой детали [160] (см. п. 16.7); 6) технические требования к материалу, размерам и форме детали и другие данные, которым она должна соответствовать перед сборкой.

В основной надписи чертежа детали указывают материал детали в соответствии с обозначением, установленным стандартом на материал. Указывают не более одного вида, наименования и одной марки материала. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, их указывают в технических требованиях или технических условиях на изделие.

Обозначение должно содержать наименование материала, марку и номер стандарта или технических условий, например:

*Сталь 45 ГОСТ 1050—74.*

Если в условное обозначение материала входит сокращенное наименование данного материала, например Ст, СЧ, КЧ, Бр и др., то полные наименования (сталь, серый чугун, ковкий чугун, бронза и др.) не указывают, например:

*Ст3 ГОСТ 380—71.*

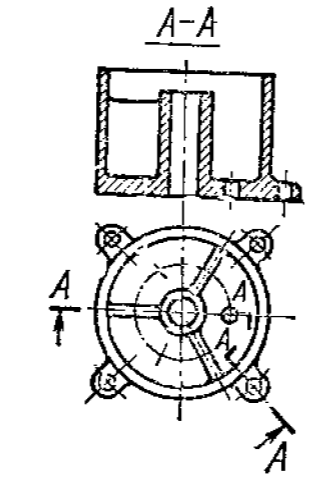
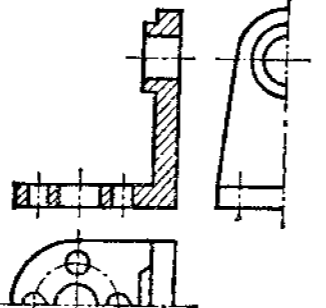
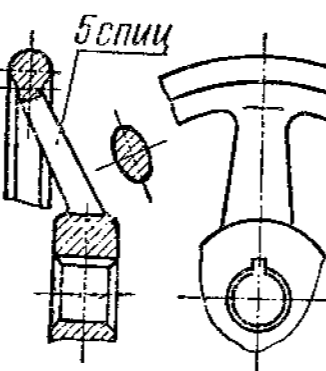
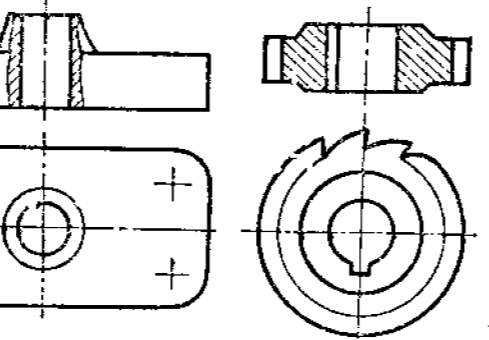
Если деталь должна быть изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера, то в обозначении такого материала помимо его марки и номера стандарта указывают номер соответствующего стандарта сортамента, например:

*Полоса  $\frac{10 \times 70 \text{ ГОСТ } 103 - 76}{\text{Ст3 ГОСТ } 535 - 79}$*

(полосовая сталь толщиной 10 мм, шириной 70 мм по ГОСТ 103—76, марка стали Ст3 по ГОСТ 380—71, поставляемой по техническим требованиям ГОСТ 535—79);

*Круг  $\frac{B20 \text{ ГОСТ } 2590 - 71}{\text{Ст3 ГОСТ } 535 - 79}$*

(горячекатаная круглая сталь обычной точности прокатки диаметром 20 мм по ГОСТ 2590—71, марка стали Ст3 по ГОСТ 380—71, поставляемой по техническим требованиям ГОСТ 535—79).

Пояснение	Графическое обозначение
<p>Допускается применять сложные разрезы</p> <p><i>Условности и упрощения, сокращающие размер изображений</i></p> <p>Если изображение является симметричной фигурой, то допускается вычерчивать не все, а лишь половину изображения, ограничивая его осевой линией, или немного более половины. В последнем случае изображение ограничивают линией разрыва (сплошной волнистой линией толщиной от <math>s/2</math> до <math>s/3</math>)</p>	
<p>Чтобы сделать короче изображение длинной детали, не уменьшая масштаба, применяют разрыв. В месте разрыва проводят линии обрыва (волнистые). Разрывы можно применять для изображения деталей, имеющих одинаковое (а) или равномерно изменяющееся (б) поперечное сечение. При вычерчивании детали с разрывом размерные линии не разрывают, проводя их сплошными</p>	
<p>Допускается изображать часть предмета с надлежащими указаниями о числе элементов, их расположении и т. п.</p> <p><i>Условности и упрощения, облегчающие выполнение изображений</i></p> <p>Если предмет имеет несколько одинаковых равномерно расположенных элементов, то разрешается вычерчивать полностью только один-два из них, а остальные показывать упрощенно или условно</p>	
	

Пояснение	Графическое обозначение
<p>Если не требуется точного построения линий пересечения поверхностей, их можно изображать упрощенно. Вместо лекальных кривых проводят дуги окружностей и прямые линии (а, б)</p> <p>Допускается кривые линии пересечения поверхностей заменять прямыми (в)</p> <p>Плавный переход от одной поверхности к другой показывают условно тонкой линией (а, г) или совсем не показывают (б)</p> <p>Допускается показывать как попавшие в разрез отверстия, расположенные в цилиндрическом элементе (а), даже если они и не попадают в секущую плоскость</p>	
<p>На чертежах деталей со сплошной сеткой, рифлением и т. п. допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением (а)</p> <p>При показе отверстий в ступицах шкивов, зубчатых колес и т. п., а также шпоночных пазов можно вместо полного изображения давать только контур отверстия (б) или паза (см. в предыдущем пункте рис. в)</p>	
<p>Разрешается незначительную конусность или уклон изображать с увеличением. На тех изображениях, где уклон или конусность отчетливо не выявляются, проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном</p> <p>Пластины, отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п. размером (или с разницей в размерах) на чертеже 2 мм и менее изображают с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения</p>	
<p>Нанесение линий пересечения поверхностей на видах и разрезах имеет основной целью повысить наглядность чертежа или эскиза и подчеркнуть характер пересекающихся поверхностей детали: а — коническая поверхность пересекается с цилиндром; б — с поверхностью тора; в — со сферической поверхностью</p>	
<p><b>Примечания:</b> 1. Осевые и центровые линии следует выводить за пределы контура изображения предмета на 1—5 мм. При использовании этих линий в качестве выносных допускается их удлинять. 2. Винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п. при продольном разрезе показывают нерассеченными. Шарик всегда показывают нерассеченным. На сборочных чертежах нерассеченными показываются гайки и шайбы. 3. Спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п. показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента. Если в подобных элементах детали имеется местное сверление, углубление и т. п., то делают местный разрез. 4. Условности и упрощения, допускаемые в неразъемных соединениях, в чертежах электротехнических и радиотехнических устройств, зубчатых зацеплений и т. д., устанавливаются соответствующими стандартами.</p>	



Если деталь будет обрабатываться в процессе сборки и изготавливается с припуском, то на изображении наносят размеры, предельные отклонения, шероховатость и т. д., которым она должна соответствовать после сборки. Такие размеры заключают в круглые скобки, о чем делают запись в технических требованиях по типу: «*Размеры в скобках — после сборки*».

На чертежах деталей, подвергаемых покрытию, указывают размеры и шероховатость поверхности до покрытия. Допускается указывать одновременно размеры и шероховатость поверхности до и после покрытия (см. табл. 16.5).

Кромки и ребра детали при изготовлении должны быть притуплены, никаких указаний на чертеже при этом не делается. Если кромку или ребро требуется скруглить или, наоборот, изготовить острыми, на чертеже помещают соответствующее указание.

Если в окончательно изготовленной детали должны быть центровые отверстия по ГОСТ 14034—74, то их изображают упрощенно с указанием только обозначения по ГОСТ 14034—74 (см. гл. 12). При наличии двух центровых отверстий изображают одно из них.

Если отверстия в готовой детали недопустимы, то в технических требованиях указывают: «*Центровые отверстия недопустимы*».

Рационализация чертежной работы, упрощение и облегчение ее занимают важное место в деле повышения производительности труда. С этой целью Государственными стандартами ЕСКД установлен ряд условностей и упрощений, используемых при выполнении чертежей (табл. 17.1).

## 17.2. Правила выполнения документации на упаковку и тару

Правила выполнения конструкторской документации, предназначенной для изготовления упаковки и тары, установлены в ГОСТ 2.418—77\* (СТ СЭВ 1183—78). Термины и основные понятия по упаковке установлены в ГОСТ 17527—72, а по таре — в ГОСТ 20071—74\*.

Спецификация упаковки должна быть выполнена по ГОСТ 2.108—68\*. Для деталей из древесины, на которые не выпускают рабочие чертежи, в графе «*Примечание*» спецификации должен быть указан объем древесины в кубических метрах. В этой же графе спецификации необходимо указать для многооборотной или возвратной тары соответственно «*Многооборотная*» или «*Возвратная*».

В чертеже тары допускается применять аксонометрические проекции по ГОСТ 2.317—69\* (СТ СЭВ 1979—79). Тару, являющуюся сборочной единицей, изображают на чертеже полностью собранной. Допускается приводить в технических требованиях указания об окончательной сборке тары при упаковке изделия, например: «*Крышку поз... установить при упаковке*». Если тару собирают только при упаковке, то вместо сборочного рекомендуется выпускать габаритный чертеж, в котором должны быть приведены все указания о сборке тары и упаковке.

В сборочном чертеже тары указывают ее внутренние размеры (на изображении) и предельную массу груза, который допускается размещать в таре, записью по типу: «*Масса груза — не более ... кг*» (в технических требованиях). Если тара предназначена для размещения в ней определенного изделия, то предельную массу не указывают. Внутренние размеры не указывают на чертеже футляра с гнездами, пакета и т. п.

ГОСТ 2.418—77\* устанавливает три варианта выполнения документации для упаковки: А, Б и В. По варианту А указания об упаковке изделия приводят в сборочном чертеже упаковки, по варианту Б — в упаковочном чертеже, по варианту В — в сборочном чертеже сборочной единицы «*Изделие в упаковке*», состоящей из упаковываемого изделия и его упаковки и имеющей обозначение, отличное от обозначения упаковываемого изделия. Допускается приводить указания об упаковке изделия в *инструкции* по упаковке.

Упаковочному чертежу присваивают обозначение упаковываемого изделия с добавлением шифра УЧ по ГОСТ 2.102—68\*, а в графе 1 основной надписи по форме 1 (ГОСТ 2.104—68\*) после наименования упаковываемого изделия указывают наименование документа — «*Упаковочный чертеж*». В спецификации упаков-

ываемого изделия надпись «*Упаковочный чертеж*» вносят в раздел «*Документация*» после всех чертежей.

На чертеже, содержащем указания об упаковке, допускается приводить указания о подготовке изделия к упаковке, о сборке упаковки, о нанесении на упаковку надписей, знаков и т. п.

**Правила выполнения документации по варианту А.** Упаковка должна быть внесена в спецификацию упаковываемого изделия в разделе «*Комплекты*».

На сборочном чертеже упаковки упаковываемое изделие изображают как «обстановку» по ГОСТ 2.109—73\* и указывают обозначение или наименование<sup>1</sup> изделия и число одинаковых изделий в одной упаковке (т. е. в одной транспортной единице), если их два и более, одним из следующих двух способов.

1. Обозначение или наименование изделия и число одинаковых изделий наносят на полке линии-выноски и под ней (рис. 17.3, а). На сборочном чертеже упаковки, предназначенной для различных изделий с одинаковыми очертаниями, габаритами и требованиями к упаковке и транспортированию, допускается вместо обозначения и наименования упаковываемого изделия указывать: «*Упаковываемое изделие*».

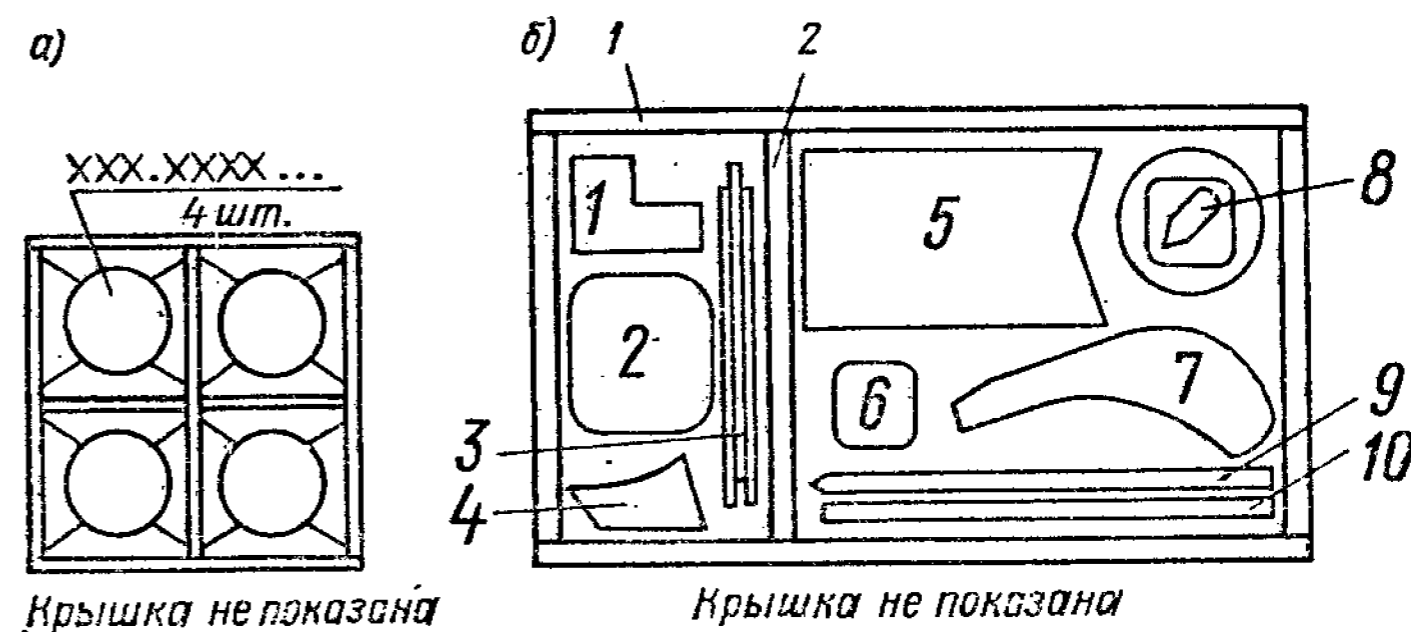


Рис. 17.3. Способы указания обозначений и наименований упаковываемых изделий на сборочных чертежах упаковки

2. На изображениях упаковываемых изделий или (при недостатке места) у концов линий-выносок, проведенных от этих изображений, наносят порядковые номера, начиная с единицы, и располагают их, как правило, сверху вниз в направлении слева направо (рис. 17.3, б). Размер шрифта порядковых номеров должен быть в два раза больше размера шрифта, которым на чертеже нанесены номера позиций составных частей упаковки.

На чертеже помещают перечень упаковываемых изделий, в котором должны быть указаны порядковые номера, обозначения или наименования изделий и число их в упаковке.

**Правила выполнения документации по варианту Б.** Упаковка должна быть внесена в спецификацию упаковываемого изделия в разделе «*Комплекты*».

На упаковочном чертеже должны быть приведены: а) изображения составных частей упаковки, выполненные сплошными основными линиями; допускается не изображать материалы, входящие в упаковку, если указания об их применении приведены в технических требованиях чертежа; б) номера позиций составных частей упаковки по ее спецификации; в) изображение упаковываемого изделия, выполненное как обстановка по ГОСТ 2.109—73\*; г) в технических требованиях следует дать ссылку на спецификацию упаковки записью по типу: «*Упаковка — XXX.XXXX...*».

От изображения упаковываемого изделия на упаковочном чертеже должна быть проведена линия-выноска, на полке которой и под ней следует указать обозначение или наименование изделия и число одинаковых изделий в упаковке, если их два и более (рис. 17.3, а).

<sup>1</sup> Наименование упаковываемого изделия указывают в случае, когда упаковывают часть изделия, не имеющую собственного обозначения, например когда изделие разобрано для упаковки на неспецифицированные части.

Правила выполнения документации по варианту В. Спецификация сборочной единицы «Изделие в упаковке» должна быть выполнена как спецификация упаковки с внесением в нее упаковываемого изделия. Упаковываемое изделие вносится в спецификацию за обозначением своего основного конструкторского документа.

Правила выполнения документации для упаковывания в некоторых частных случаях. Эти правила приведены в ГОСТ 2.418—77\* (СТ СЭВ 1183—78): а) для совместного упаковывания в одну упаковку двух и более одинаковых специфицированных изделий; б) то же различных специфицированных изделий; в) для упаковывания изделия по частям в две и более упаковки; г) для упаковывания изделия в различные упаковки в зависимости от требований к упаковыванию и транспортированию; д) для упаковывания детали, не являющейся составной частью другого упаковываемого изделия.

### 17.3. Групповые и базовые конструкторские документы

Групповые и базовые конструкторские документы должны содержать данные о двух и более изделиях (деталях, сборочных единицах, комплексах и комплектах), обладающих общими конструктивными признаками при некоторых различиях между собой. Термины, определения и правила выполнения групповых и базовых чертежей (схем), чертежей (схем) исполнений, спецификаций, текстовых документов приведены в ГОСТ 2.113—75\* (СТ СЭВ 1179—78). Некоторые термины приведены ниже.

*Исполнение изделия* — конструкция одного из изделий, информация о которых содержится в одном групповом или базовом основном конструкторском документе. *Групповой конструкторский документ* — конструкторский документ, содержащий постоянные и переменные данные исполнений двух и более изделий. *Базовый конструкторский документ* — конструкторский документ, содержащий постоянные данные исполнений двух и более изделий. *Постоянные данные исполнений* — информация об исполнениях изделий, одинаковая для группы изделий и содержащаяся в одном конструкторском документе. *Переменные данные исполнений* — информация об исполнениях изделий, неодинаковая для группы изделий. *Групповой (базовый) способ выполнения конструкторских документов* — способ выполнения комплекта конструкторских документов на изделия, при котором все исполнения этих изделий содержатся в одном групповом (базовом) основном конструкторском документе.

### 17.4. Контроль полноты изложения требований безопасности труда в конструкторской документации

Конструкторская документация на всех стадиях ее разработки подлежит контролю полноты изложения норм и требований безопасности [190]. Нормоконтроль производится в порядке, установленном ГОСТ 2.111—68.

В *техническом предложении и эскизном проекте* должны быть проверены все решения, предусмотренные для обеспечения предъявляемых к изделию требований безопасности, в том числе:

1) выявление вариантов конструкции, обеспечивающих соблюдение норм и требований безопасности изделия (принцип действия, размещение функциональных частей и т. п.), конструктивная их проработка;

2) сравнительная оценка рассматриваемых вариантов с точки зрения уменьшения или исключения воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих, изготовление (при необходимости) макетов;

3) выбор оптимального варианта изделия, обоснование выбора, принятие принципиальных решений, подтверждение (или уточнение) предъявляемых к изделию требований безопасности, установленных на предыдущей стадии разработки;

4) составление перечня работ по обеспечению безопасности конструкции изделия, которые следует привести в дополнение или уточнение на последующей стадии разработки.

В *техническом проекте* должны быть проверены все решения, необходимые для обеспечения предъявляемых к конструкции изделия требований безопасности и позволяющие получить полное представление о конструкции разрабатываемого изделия, оценить его соответствие требованиям безопасности, изложенным в техническом задании.

На *стадии разработки рабочей документации* должна быть проверена полнота выполнения требований безопасности, заложенных в техническом проекте, в чертежах на изделие.

Требования безопасности должны контролироваться в следующих видах конструкторских документов: пояснительной записке, технических условиях, программе и методике испытаний, эксплуатационных документах, ремонтных документах.

В пояснительной записке в разделе «*Описание и обоснование выбранной конструкции*» в подразделе «*Сведения о соответствии изделия требованиям безопасности*» должно быть проверено наличие: а) описания и обоснования принимаемых на данной стадии разработки изделия принципиальных решений (конструктивных, схемных и др.) по безопасности конструкции изделия; б) основных норм и требований безопасности по шуму, вибрации, загазованности и др.; в) фотографий макетов средств защиты работающих (при необходимости); г) требований безопасности к применяемым в изделии новым материалам, которые должны разрабатываться другими предприятиями (организациями); д) сведений о соответствии требованиям безопасности применяемых в изделии заимствованных (ранее разработанных) составных частей, покупных и комплектующих изделий; е) расчетов, подтверждающих работоспособность, надежность и эффективность средств защиты работающих; ж) расчетов, подтверждающих правильность принятых решений по выполнению и соблюдению норм и требований по шуму, вибрации, загазованности и др.

При большом объеме расчетов требования безопасности могут быть оформлены в виде отдельных документов, при этом в данном разделе приводят только результаты расчетов. Должны быть также приведены: а) описание безопасных приемов и способов работы с изделием в режимах и условиях, предусмотренных техническим заданием; б) описание порядка и способов безопасного транспортирования изделия, безопасного монтажа, хранения и ввода в действие на месте эксплуатации, а также безопасного обслуживания при хранении и эксплуатации; в) расчеты экономической эффективности от улучшения условий труда.

В технических условиях построение, изложение, содержание и оформление требований безопасности должны соответствовать ГОСТ 1.26—77 «ГСС. Порядок разработки и согласования требований безопасности в стандартах и технических условиях» и «Методическим указаниям о порядке согласования проектов стандартов и технических условий с профсоюзными органами» (РДМУ 111—78), утвержденным Госстандартом и ВЦСПС.

Программа и методика испытаний контролируются на соответствие конструкции изделия требованиям безопасности. При этом производят проверку: а) обеспечения стабильности работы изделия и его составных частей с точки зрения безопасности; б) безопасности и удобства проведения технического обслуживания и ремонта изделия; в) надежности работы и комплектности средств защиты, встроенных в изделие; г) соответствия изделия нормам по шуму, вибрации, загазованности, запыленности, освещенности, обзорности и т. п.; д) наличия описания методов испытания по отдельным показателям безопасности; е) наличия описания методов, средств и схем контроля норм и требований безопасности в соответствии с положениями Государственной системы обеспечения единства измерений.

Требования безопасности должны контролироваться также в эксплуатационных и ремонтных документах.

### 17.5. Технологический контроль конструкторской документации

Содержание технологического контроля конструкторской документации приведено в табл. 17.2.

Т а б л и ц а 17.2. Содержание технологического контроля по ГОСТ 2.121—73

Стадия разработки	Что проверяется
Техническое предложение	Правильность выбора варианта конструктивного решения в соответствии с требованиями технологичности
Эскизный проект	<p>Правильность выбора принципиальной схемы конструкции, обеспечивающей простоту компоновки изделия и технологичность</p> <p>Рациональность конструктивных решений с точки зрения простоты изготовления</p> <p>Обеспечение преемственности конструкции</p> <p>Правильность расчленения изделия на составные части, обеспечивающие удобство обслуживания, монтажа и регулировки</p> <p>Установление номенклатуры основных марок материалов и соответствие этих марок установленному перечню</p> <p>Возможность применения рациональных методов обработки для наиболее сложных деталей</p>
Технический проект	<p>Возможность проведения сборки и контроля изделия и его основных составных частей независимо и параллельно</p> <p>Удобство и доступность мест сборки</p> <p>Возможность исключения или доведения до минимума механической обработки при сборке</p> <p>Возможность обеспечения необходимой взаимозаменяемости сборочных единиц и деталей</p> <p>Выбор элементов конструкции сборочных единиц (основных составных частей) с точки зрения их технологичности</p> <p>Оптимальность номенклатуры контролируемых параметров, а также методов и средств их контроля</p> <p>Возможность применения стандартизованных методов выполнения и контроля</p>
Рабочая документация	<p>На стадии разработки рабочей документации проверяют данные, указанные для технического проекта, а также:</p> <p>а) технологичность деталей в зависимости от технологичности сборочных единиц;</p> <p>б) технологичность сборки как изделия в целом, так и его составных частей (в том числе сварных конструкций);</p> <p>в) технологичность механически обрабатываемых, литых, горячештампующих, холоднштампующих и термически обрабатываемых деталей;</p> <p>г) возможность разделения сборочной единицы на составные части, сборку которых целесообразно производить параллельно;</p> <p>д) наличие сборочных баз;</p> <p>е) удобство сборки и разборки;</p> <p>ж) возможность уменьшения числа и объема пригоночных операций</p>
<p>П р и м е ч а н и е. При отсутствии стадии «Эскизный проект» технический проект может проверяться по всем пунктам, перечисленным для эскизного и технического проектов.</p>	

## 17.6. Метрологическая экспертиза конструкторской документации

Метрологической экспертизе по ГОСТ 8.103—73 подвергаются следующие конструкторские документы: 1) чертеж детали; 2) сборочный чертеж; 3) габаритный чертеж; 4) монтажный чертеж; 5) пояснительная записка; 6) технические условия; 7) программа и методика испытаний; 8) расчет; 9) эксплуатационные документы; 10) ремонтные документы; 11) спецификация.

Основные задачи метрологической экспертизы, обязательные для конструкторской документации, перечислены ниже.

1. Определение оптимальности номенклатуры измеряемых параметров при контроле с целью обеспечения эффективности и достоверности контроля качества и взаимозаменяемости.

2. Оценка обеспечения конструкцией изделия возможности контроля необходимых параметров в процессе изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта изделий (контролепригодности конструкции).

3. Установление соответствия показателей точности измерений требованиям эффективности и достоверности контроля и взаимозаменяемости.

4. Установление полноты и правильности требований к средствам измерений (в том числе нестандартизованным) и методикам выполнения измерений.

5. Оценка правильности выбора средств измерений (в том числе нестандартизованных) и методик выполнения измерений.

6. Выявление возможности преимущественного применения унифицированных, автоматизированных средств измерений, обеспечивающих получение заданной точности измерений и необходимой производительности.

7. Установление преимущественного применения стандартизованных или наличия аттестованных методик выполнения измерений.

8. Определение целесообразности обработки на ЭВМ результатов измерений, наличия стандартных или специальных программ обработки и соответствия их требованиям, предъявляемым к обработке результатов измерений (округление, разрядность и т. п.), а также к формам представления результатов измерений, контроля и испытаний.

9. Установление правильности наименований и обозначений физических величин и их единиц.

10. Установление правильности указаний по организации и проведению измерений для обеспечения безопасности труда.

Конструкторская документация (оригиналы и подлинники), прошедшая метрологическую экспертизу, визируется в соответствии с ГОСТ 2.104—68\* лицами, ответственными за ее проведение.

## Глава 18. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ДИАГРАММ И СХЕМ

### 18.1. Правила выполнения диаграмм

Основные правила выполнения диаграмм, изображающих функциональную зависимость двух или более переменных величин в системе координат, установлены впервые введенным ГОСТ 2.319—81 (СТ СЭВ 2824—80) [168].

Диаграмма может иметь наименование, поясняющее изображенную функциональную зависимость.

**Оси координат.** Значения величин, связанных изображаемой функциональной зависимостью, следует откладывать на осях координат в виде шкал.

Диаграммы для информационного изображения функциональных зависимостей допускается выполнять без шкал значений величин (рис. 18.1). При этом оси координат следует заканчивать стрелками, указывающими направление возрастания значений величин. Допускается применять стрелки также и в диаграммах со шкалами — за пределами шкал (рис. 18.2) или параллельно оси координат (рис. 18.3).



В прямоугольной системе координат независимую переменную, как правило, следует откладывать на горизонтальной оси (оси абсцисс). Положительные значения величин откладывают на осях, как правило, вправо и вверх от точки начала отсчета.

В полярной системе координат начало отсчета углов (угол  $0^\circ$ ) должно находиться на горизонтальной или вертикальной оси (рис. 18.4). Положительное направление угловых координат должно соответствовать направлению вращения против часовой стрелки.

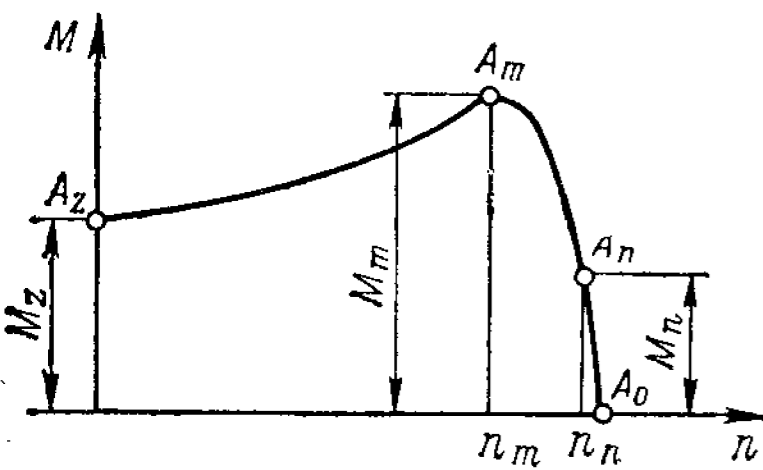
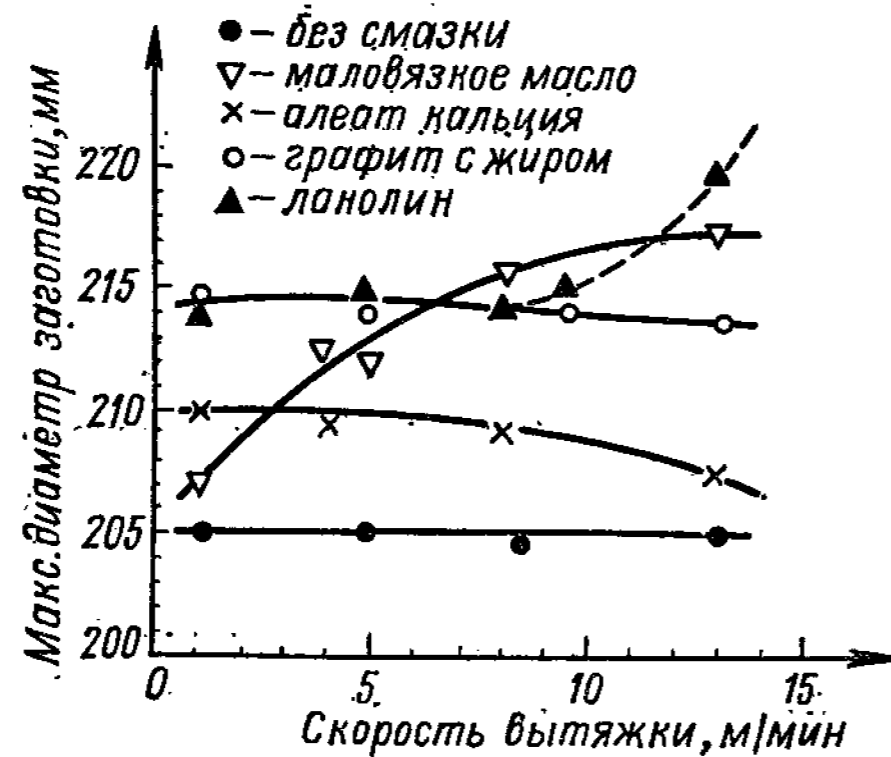


Рис. 18.1. Диаграмма без шкал для информационного изображения функциональных зависимостей

Рис. 18.2. Диаграмма со шкалами для изображения функциональных зависимостей



При выполнении диаграмм в прямоугольной (пространственной) системе трех координат функциональные зависимости следует изображать в аксонометрической проекции по ГОСТ 2.317—60 (см. рис. 18.3).

**Масштабы, шкалы и координатная сетка.** Значения переменных величин следует откладывать на осях координат в линейном (см. рис. 18.2, 18.3) или нелинейном

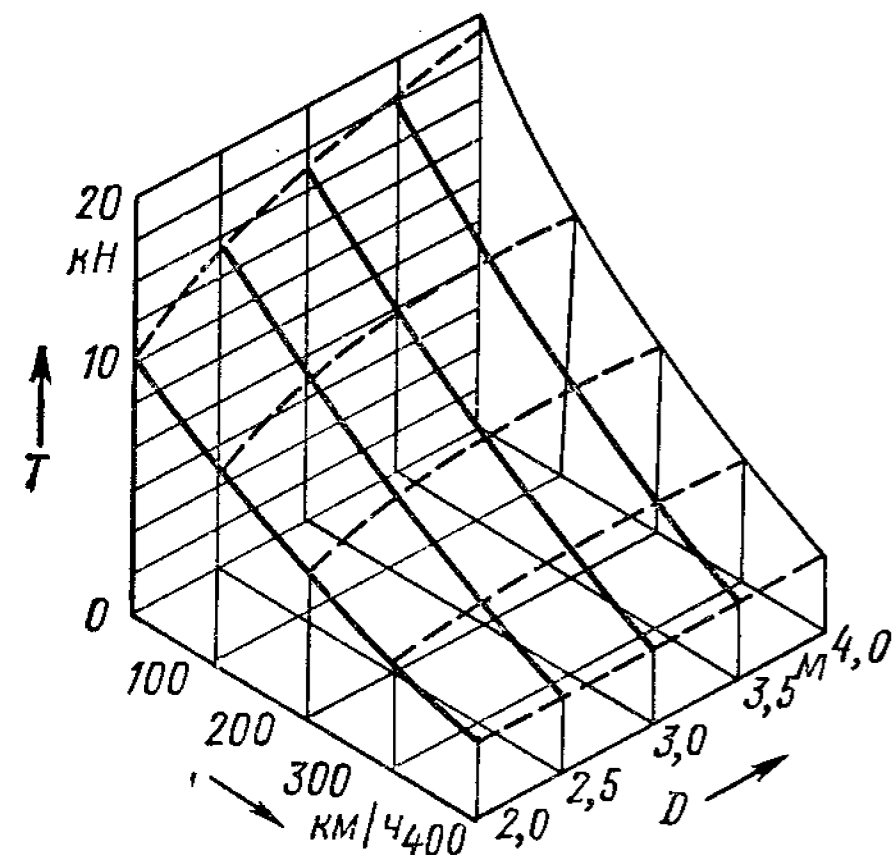


Рис. 18.3. Диаграмма для изображения функциональных зависимостей в прямоугольной (пространственной) системе трех координат

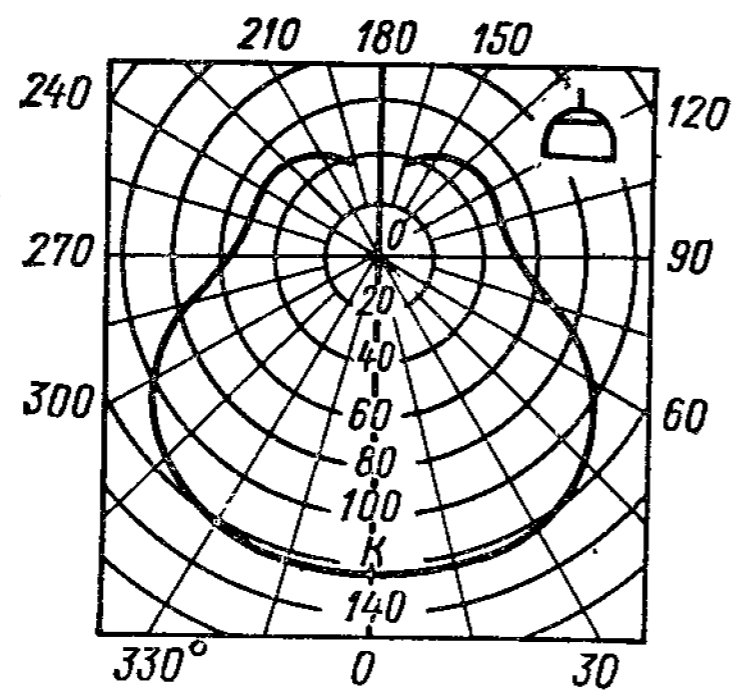


Рис. 18.4. Диаграмма для изображения функциональных зависимостей в полярной системе координат

например, логарифмическом — рис. 18.5) масштабах изображения. Масштаб, который может быть разным для каждого направления координат, выражается шкалой значений откладываемой величины. Диаграммы без шкал следует выполнять во всех направлениях координат в линейном масштабе изображения.

В качестве шкалы следует использовать координатную ось или линию координатной сетки, которая ограничивает поле диаграммы.

В диаграммах, изображающих несколько функций различных переменных, а также в диаграммах, в которых одна и та же переменная должна быть выражена одновременно в различных единицах, допускается использовать в качестве шкал как координатные оси, так и линии координатной сетки, ограничивающие поле

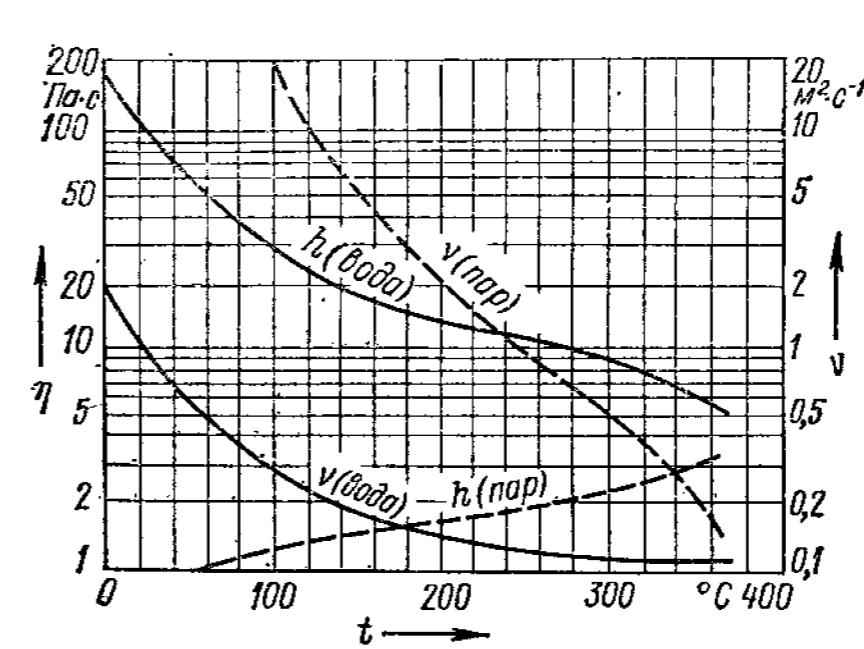


Рис. 18.5. Диаграмма для изображения функциональных зависимостей, выполненная в нелинейном (логарифмическом) масштабе

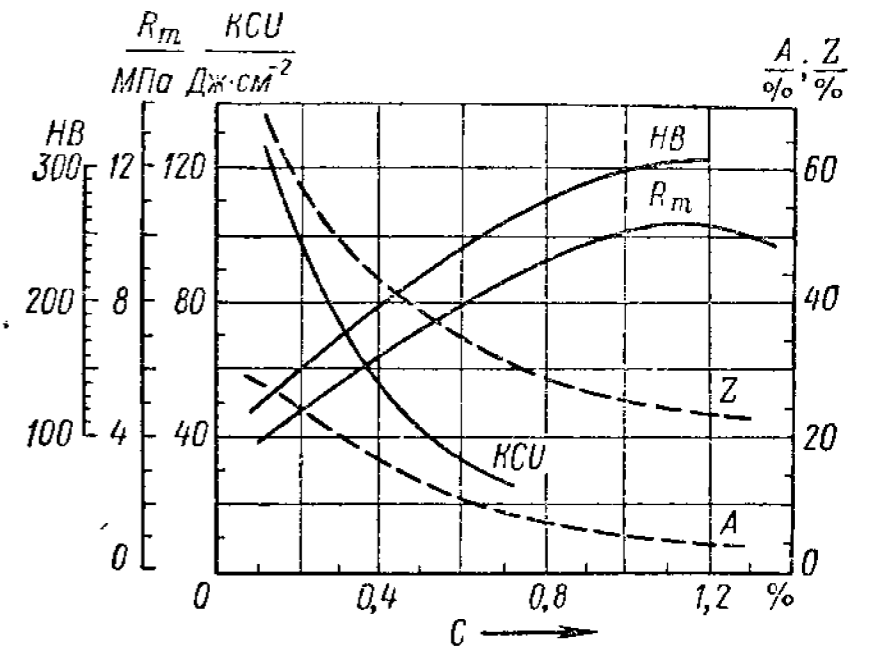


Рис. 18.6. Диаграмма для изображения функциональных зависимостей, выполненная с несколькими шкалами

диаграммы (рис. 18.5) или (и) прямые, расположенные параллельно координатным осям (рис. 18.6).

Координатные оси как шкалы значений изображаемых величин должны быть разделены на графические интервалы одним из способов: 1) координатной сеткой (см. рис. 18.3—18.5); 2) делительными штрихами (см. рис. 18.2); 3) сочетанием координатной сетки и делительных штрихов (рис. 18.6).

Шкалы, расположенные параллельно координатной оси, следует разделять только делительными штрихами (рис. 18.6). Расстояние между делительными штрихами или (и) линиями координатной сетки выбирают с учетом назначения диаграммы и удобства отсчета с интерполяцией.

Рядом с делениями сетки или делительными штрихами, соответствующими началу и концу шкалы, должны быть указаны числа (значения величин). Нуль следует указывать один раз у точки пересечения шкал, если он является началом отсчета шкал. Частоту нанесения числовых значений и промежуточных делений шкал выбирают с учетом удобства пользования диаграммой. Делительные штрихи, соответствующие кратным графическим интервалам, допускается удлинять (см. рис. 18.2).

Числа у шкал следует размещать вне поля диаграммы и располагать горизонтально (см. рис. 18.2—18.6), при необходимости допускается наносить их у шкал внутри поля диаграммы (см. рис. 18.4). Многочисленные числа выражают как кратные  $10^n$  ( $n$  — целое число) для данного диапазона шкалы (рис. 18.7).

**Линии и точки.** Диаграммы следует выполнять стандартными линиями [154]. Группу линий необходимо выбирать с учетом размера, сложности и назначения диаграммы, а также с учетом требований репрографии<sup>1</sup>.

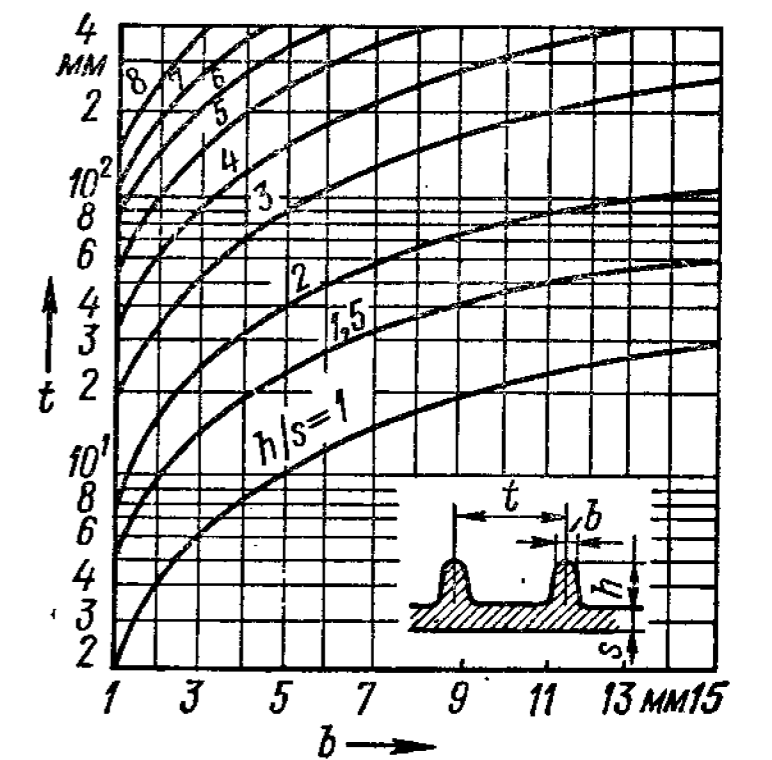


Рис. 18.7. Диаграмма для изображения нескольких функциональных зависимостей с поясняющим рисунком на поле диаграммы

<sup>1</sup> Репрография — факсимильное копирование документации прямой или косвенной репродукцией.



Оси координат, оси шкал, ограничивающие поле диаграммы, следует выполнять сплошными основными линиями. Линии координатной сетки и делительные штрихи — сплошной тонкой линией. Допускается выполнять линии сетки, соответствующие кратным графическим интервалам, сплошной линией толщиной  $2s$ .

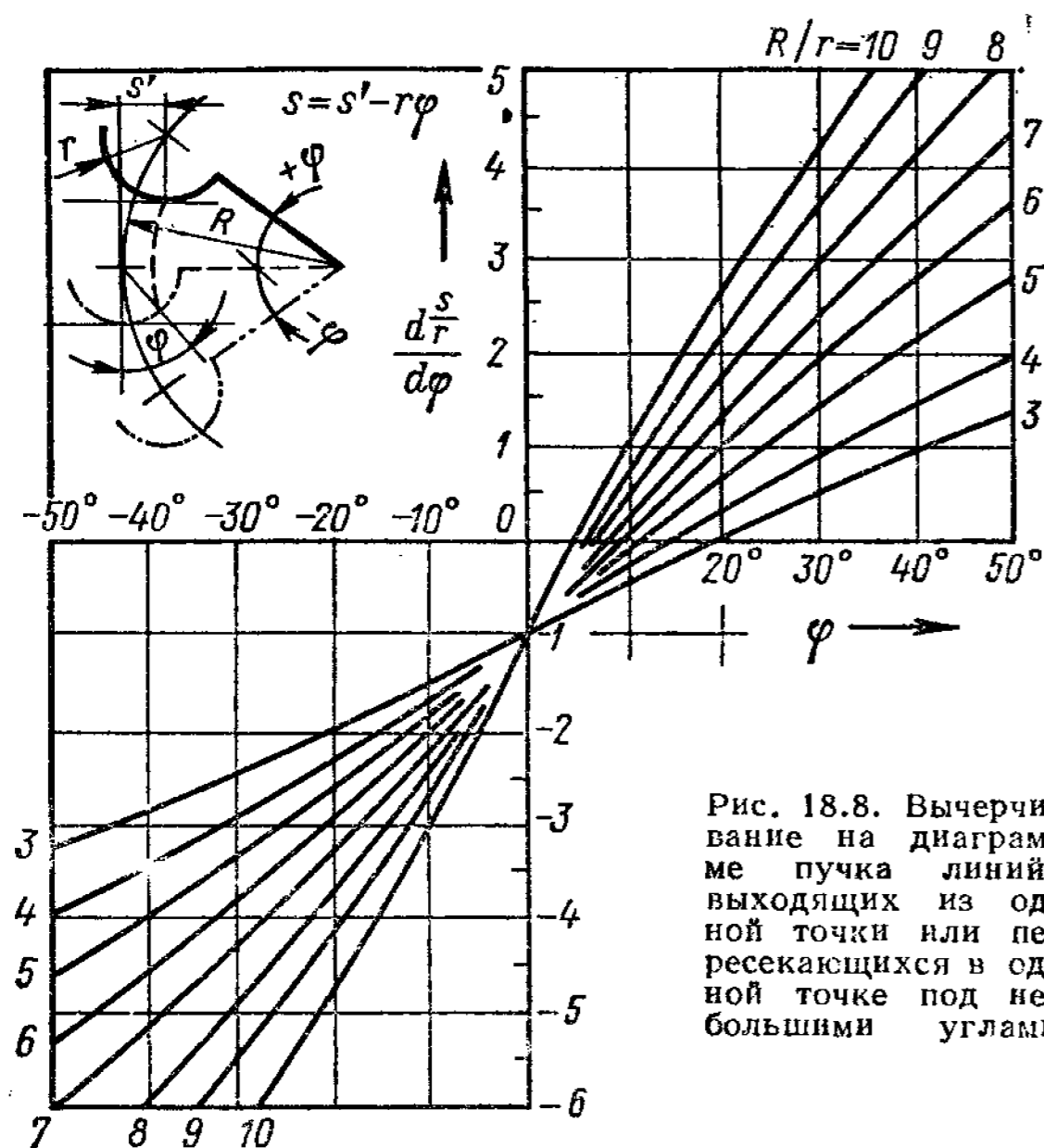


Рис. 18.8. Вычерчивание на диаграмме пучка линий, выходящих из одной точки или пересекающихся в одной точке под небольшими углами

На диаграмме одной функциональной зависимости ее изображение следует выполнять сплошной линией толщиной  $2s$ . Допускается изображать функциональную зависимость сплошной линией меньшей толщины (толстой или тонкой) в случаях, когда необходимо обеспечить требуемую точность отсчета.

При изображении на одной диаграмме нескольких зависимостей допускается изображать их линиями различных типов, например сплошной и штриховой (см. рис. 18.3 и 18.5). При наличии на диаграмме пучков или серий линий допускается применять в пучках или сериях линии различной толщины и различных типов.

Пучок линий, выходящих из одной точки или пересекающихся в одной точке под небольшими углами, вычерчивают не доводя до точки пересечения, за исключением крайних (рис. 18.8).

Если в определенной области совпадают две и более линии, следует вычерчивать одну из них (см. рис. 18.2). При

совпадении линии функциональной зависимости с осью координат или линией сетки следует вычерчивать линию функциональной зависимости.

Характерные точки линий функциональной зависимости (т. е. обозначение числами, буквами, символами и т. п.) допускается изображать кружком (см. рис. 18.1 и 18.9).

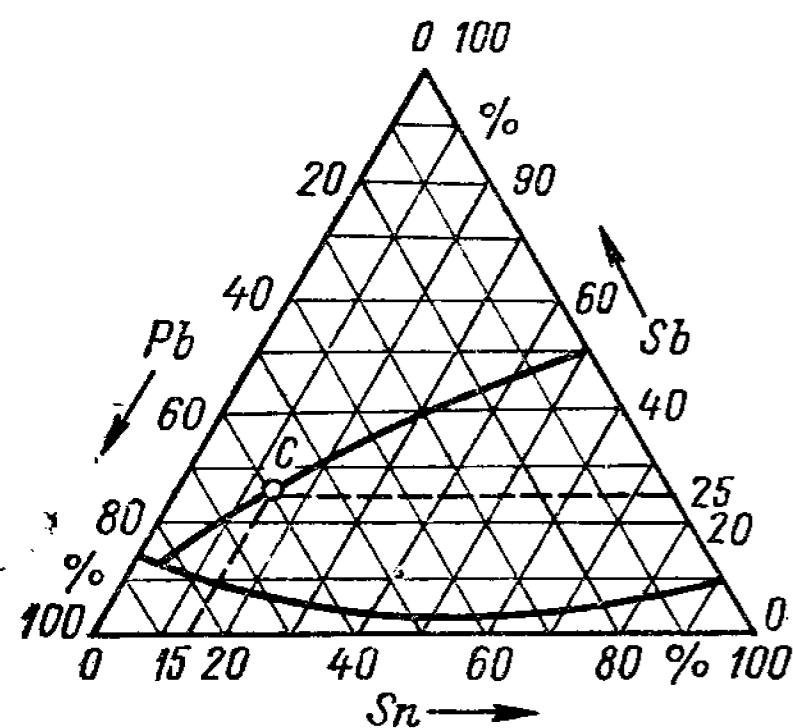


Рис. 18.9. Изображение кружком характерных точек линий функциональной зависимости

Необходимые соединения характерных точек функциональной зависимости со шкалой или соединения характерных точек нескольких функциональных зависимостей между собой следует выполнять сплошными тонкими линиями, а при наличии на диаграмме координатной сетки — штриховыми тонкими линиями (рис. 18.9). Размеры, координирующие положение характерных точек, наносят в соответствии со стандартом [157] (см. п. 16.10). На шкалах допускается наносить числовые значения величин для характерных точек (рис. 18.9).

Точки диаграммы, полученные измерением или расчетом, обозначают графически: кружком, крестиком и т. п. (см. рис. 18.2) и разъясняют в пояснительной части диаграммы (текстовой или графической), размещаемой после наименования диаграммы или на свободном месте поля диаграммы (см. рис. 18.2, 18.7, 18.8).

Допускается выделять зону между линиями функциональных зависимостей штриховкой.

Пересечение надписей и линий не допускается. При недостатке места следует прерывать линию (кроме диаграмм, выполненных на бумагах с напечатанной координатной сеткой).

**Обозначение величин.** Переменные величины следует указывать одним из следующих способов: символом (см. рис. 18.1, 18.3, 18.6—18.8); наименованием (см. рис. 18.2); математическим выражением функциональной зависимости (см. рис. 18.8).

В диаграмме без шкал обозначения величин следует размещать вблизи стрелки, которой заканчивается ось (см. рис. 18.1).

В диаграмме со шкалами обозначения величин следует размещать у середины шкалы с ее внешней стороны (например, рис. 18.5), а при объединении символа с обозначением единицы физической величины в виде дроби — в конце шкалы после последнего числа (например, рис. 18.5).

В случаях, когда на общей диаграмме изображаются две или более функциональные зависимости, у линий, изображающих зависимости, допускается проставлять наименования или (и) символы соответствующих величин (см. рис. 18.5, 18.6) или порядковые номера. Символы и номера должны быть разъяснены в пояснительной части.

В случаях, когда в диаграмме системой линий изображается функциональная зависимость трех переменных, соответствующие числовые значения (параметры) переменной величины указывают у отдельных линий системы на поле диаграммы (см. рис. 18.7) или вне поля диаграммы — там, где не нанесена шкала (см. рис. 18.8).

**Нанесение единиц физических величин.** Единицы физических величин следует наносить одним из следующих способов:

1) в конце шкалы между последним и предпоследним числами шкалы (см. рис. 18.3, 18.5, 18.8), при недостатке места допускается не наносить предпоследнее число (см. рис. 18.4, 18.7);

2) вместе с наименованием переменной величины после запятой (см. рис. 18.2);

3) в конце шкалы после последнего числа вместе с обозначением переменной величины в виде дроби, в числителе которой наносят обозначение переменной величины, а в знаменателе — обозначение ее единицы (см. рис. 18.6).

Единицы углов (градусы, минуты, секунды) следует наносить один раз — у последнего числа шкалы. При необходимости допускается их наносить у каждого числа шкалы (рис. 18.8).

## 18.2. Правила выполнения схем (кинематических, гидравлических, пневматических, электрических)

**Общие правила [180, 184].** Схема — графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Схемы входят в комплект конструкторской документации и содержат вместе с другими документами необходимые данные для проектирования, изготовления, сборки, регулировки, эксплуатации изделий.

Схемы предназначаются: на этапе проектирования — для выявления структуры будущего изделия при дальнейшей конструкторской проработке; на этапе производ-

ства — для ознакомления с конструкцией изделия, разработки технологических процессов изготовления и контроля деталей; на этапе эксплуатации — для выявления неисправностей и использования при техническом обслуживании.

Правила выполнения и оформления схем установлены стандартами седьмой группы ЕСКД. Некоторые термины и их определения приведены ниже [180].

*Элемент схемы* — составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (например, муфта, насос, резистор, трансформатор).

Совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (плата, блок, шкаф и т. д.), называется *устройством*.

Совокупность элементов, не объединенных в одну конструкцию, но выполняющих в изделии определенную функцию, называется *функциональной группой*.

Если элемент, функциональная группа и устройство выполняют определенную функцию, то их называют *функциональной частью*.

Линия, канал определенного назначения являются *функциональными цепями*.

Отрезки линий, указывающие на наличие связи между функциональными частями изделия, называются *линиями взаимосвязи*.

Схемы в зависимости от входящих в состав изделия элементов подразделяются на следующие виды, обозначаемые буквами: электрические — Э, гидравлические — Г, вакуумные — В, пневматические — П, кинематические — К, оптические — Л, газовые — Х, автоматизации — А, комбинированные — С.

В зависимости от основного назначения схемы делятся на типы, обозначаемые цифрами: структурные — 1, функциональные — 2, принципиальные (полные) — 3, соединений (монтажные) — 4, подключения — 5, общие — 6, расположения — 7, прочие — 8, объединенные — 0.

*Структурная схема* — схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и пользуются ими для общего ознакомления с изделием. На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия и основные взаимосвязи между ними. Функциональные части изображают в виде прямоугольников. Отдельные элементы схемы допускается изображать в виде условных графических обозначений. При изображении элементов схемы в виде прямоугольников наименования, обозначения (номера) или типы (шифры) элементов и устройств вписывают внутрь прямоугольников.

В случае обозначения функциональных частей схемы номерами или шифрами последние должны быть расшифрованы на поле схемы в таблице произвольной формы. На линиях взаимосвязей направление хода процессов обозначают стрелками в соответствии с ГОСТ 2.721—74\*. Построение структурной схемы должно давать представление о ходе рабочего процесса в направлении слева направо.

*Функциональная схема* — схема, разъясняющая процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом. Функциональными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте.

На функциональной схеме изображают функциональные части изделия, участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями. Функциональные части на схеме изображают в виде условных графических обозначений. Допускается отдельные функциональные части изображать в виде прямоугольников. На схеме рекомендуется указывать технические характеристики функциональных частей (рядом с графическим обозначением или на свободном поле схемы), поясняющие надписи, диаграммы.

*Принципиальная (полная) схема* определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия. Принципиальные (полные) схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например схем соединений (монтажных) и чертежей. Пользуются ими для изучения принципов работы изделий, а также при наладке, контроле и ремонте изделий.

*Схема соединений (монтажная)* — схема, показывающая соединения составных частей изделия (установки) и определяющая провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода.

Схемами соединений (монтажными) пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии (установке), а также для осуществления присоединений и при контроле, эксплуатации и ремонте изделий (установок).

На схеме соединений изображают все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (разъемы, платы, зажимы и т. п.) и соединения между ними. Устройства изображают в виде прямоугольников или внешними очертаниями, элементы — в виде условных графических обозначений, прямоугольников или внешними очертаниями. В последнем случае внутри устройств допускается помещать условные графические обозначения элементов.

*Схема подключения* — схема, показывающая внешние подключения изделия. Схемами подключения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации. На схеме подключения должны быть изображены изделие, его входные и выходные элементы (разъемы, зажимы и т. п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристики внешних цепей, адреса). Изделия и их составные части изображают в виде прямоугольников, а входные или выходные элементы — в виде условных графических обозначений.

*Общая схема* — схема, определяющая составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Общими схемами пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации. На общей схеме изображают в виде прямоугольников устройства и элементы, входящие в данный комплекс, провода, жгуты и кабели, соединяющие их. Расположение устройств и элементов должно примерно соответствовать их действительному расположению в изделии. Входные и выходные элементы изображают в виде условных графических обозначений с учетом их действительного расположения внутри устройств. Около устройств и элементов помещают их наименование и тип.

*Схема расположения* — схема, определяющая относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости также — проводов, жгутов, кабелей, трубопроводов. Схемами расположения пользуются при эксплуатации и ремонте. На схеме расположения изображают составные части изделия и при необходимости — связи между ними, конструкцию, помещение, местность, на которых расположены эти части. Последние изображают в виде внешних очертаний или условных графических обозначений. Расположение составных частей изделия должно давать представление об их действительном размещении. Около изображений устройств и элементов помещают их наименования и типы. При большом числе составных частей изделия эти сведения записывают в перечень элементов. В этом случае составным частям изделия присваивают позиционные обозначения. Такие схемы могут быть выполнены на разрезах конструкций, разрезах или планах зданий или в аксонометрии.

Если в состав изделия входят элементы разных видов, разрабатывают одну *комбинированную схему* (например, схему электропневматическую принципиальную) или несколько схем различного вида, но одного типа (например, схему электрическую принципиальную и схему пневматическую принципиальную). Наименование схемы определяется ее видом и типом, например: «Схема пневматическая принципиальная», «Схема гидравлическая соединений (монтажная)».

Схемы выполняются на листах стандартных форматов, предпочтительно основных. При необходимости схему определенного вида и типа допускается выполнять на нескольких листах. Можно также вместо одной схемы определенных вида и типа выполнять совокупность схем того же вида и типа (на различные части изделия), каждая схема должна быть оформлена как самостоятельный документ.

Схемам, входящим в состав конструкторской документации изделия, присваивают шифр, состоящий из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы. Совмещенной схеме присваивают шифр той схемы, тип которой имеет наименьший порядковый номер. Пример обозначения схемы гидравлической принципиальной на изделие с порядковым номером 113:



Наименование схемы вписывают в графу 1 основной надписи после наименования изделия, для которого выполнена схема, шрифтом меньшего размера, чем наименование изделия. Шифр вписывают в графу 2 основной надписи после обозначения изделия по типу, приведенному выше (см. пример).

У каждой схемы должен быть перечень элементов, оформленный в виде таблицы (рис. 18.10, а, б), которая располагается над основной надписью (рис. 18.10, в).

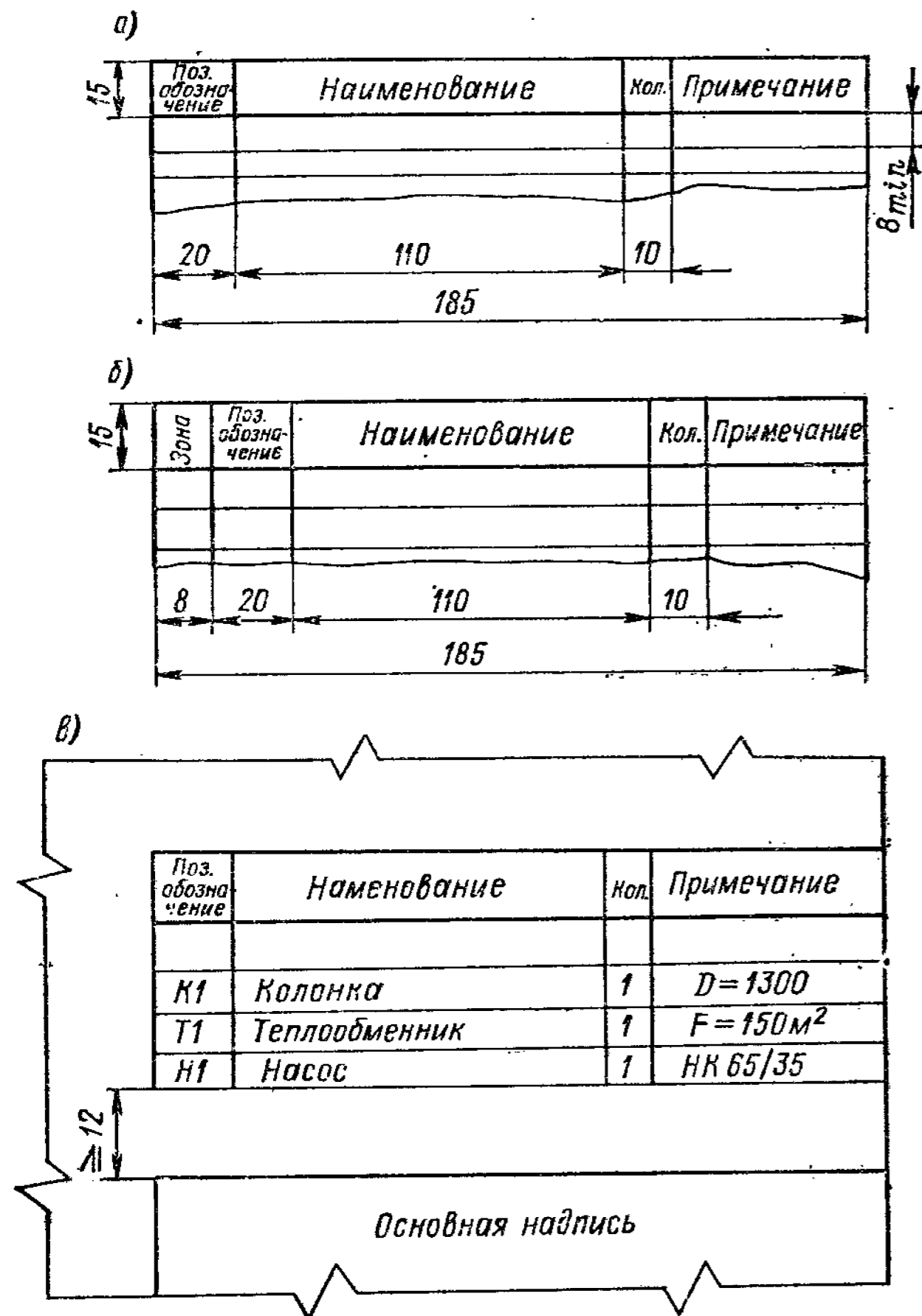


Рис. 18.10. Оформление перечня элементов: а б — варианты головок таблицы; в — перечень элементов схемы

Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи и повторяют головку таблицы.

При необходимости перечень элементов может быть вышущен в виде самостоятельного документа на листах формата А4, основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют на формах 2 и 2а [146]. В этом случае шифр состоит из букв П и шифра схемы, к которой выпускается перечень. Например, шифр перечня к электрической схеме соединения имеет вид ПЭ4. Перечень элементов записывают в спецификацию после схемы, к которой он вышущен.

В графах перечня указывают следующие данные (рис. 18.10, в): в графе «Поз. обозначение» — позиционное обозначение элемента; в графе «Наименование» —

наименование элемента схемы в соответствии с документом, на основании которого он применен; в графе «Кол.» — количество одинаковых элементов; в графе «Примечание» при необходимости приводят технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании.

Элементы в перечень записывают по группам в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы элементы располагают в порядке возрастания номеров. Элементы одного вида с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, записывают в перечень элементов одной строкой. В этом случае в графу «Поз. обозначение» вписывают только обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, а в графе «Кол.» указывают общее число этих элементов.

При записи элементов одной группы, имеющих одинаковые буквенные обозначения, в графе «Наименование» не повторяют в каждой строке наименование элемента, а записывают его в виде заголовка к соответствующему разделу, подчеркивая тонкой сплошной линией. Аналогичным образом не повторяют обозначение документа, на основании которого применены элементы данной группы с различными параметрами. Единицы физических величин указывают упрощенно.

Элементы, параметры которых подбирают при регулировании изделия, на схеме обозначают звездочкой (R1\*), на свободном поле схемы помещают сноску: «\*Подбирается при регулировании», при этом в графе перечня элементов «Примечание» указывают предельные допустимые значения параметров.

Схемы выполняют без учета действительного пространственного расположения частей изделия и без соблюдения масштаба. Применяют следующие условные графические обозначения: или установленные в соответствующих стандартах ЕСКД и построенные на их основе, или нестандартизованные и выполненные в виде упрощенных внешних контуров (в том числе в аксонометрии). Взамен графических обозначений могут быть изображены прямоугольники с соответствующими пояснениями на поле схемы.

Стандартные условные графические обозначения элементов должны иметь размеры, указанные в соответствующих стандартах. Если размеры стандартом не установлены, то графические обозначения на схеме должны иметь такие же размеры, как их изображения в стандарте. Допускается все условные графические обозначения пропорционально увеличивать (при вписывании в них поясняющих знаков) или уменьшать (расстояние между двумя соседними линиями при этом должно быть не менее 1,0 мм).

Условные графические обозначения выполняют линиями той же толщины, что и линии связи. Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм. Оптимальная толщина 0,3—0,4 мм. Если в условных графических обозначениях имеются утолщенные линии, то их выполняют толще линии связи в два раза.

Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90°. Допускается условные графические обозначения поворачивать на угол, кратный 45°, или изображать зеркально повернутыми. Обозначения, содержащие буквенные, цифровые или буквенно-цифровые символы, допускается изображать повернутыми против часовой стрелки только на угол 90° или 45°.

Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков, иметь минимальное число пересечений и изломов. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Допускается обрывать линии связи, если они затрудняют чтение схемы. В этом случае линии связи заканчивают стрелками, около которых указывают места подключения. Линии связи, переходящие на другой лист схемы, обрывают за пределами изображения схемы. Рядом с обрывом линии указывают обозначение или наименование линии связи и в круглых скобках приводят номер листа схемы, на который переходит линия связи. Допускается буквенное, цифровое или буквенно-цифровое обозначение линий связи [184].

Каждый элемент схемы должен иметь буквенно-цифровое обозначение: буквенное обозначение представляет собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв; после буквенного обозначения представляют порядковый номер элемента. Порядковый номер устанавливается в пределах группы элементов (устройств), которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение.

Порядковые номера присваивают элементам по направлению сверху вниз и слева направо (может быть изменение, если поток рабочей среды идет в другом направлении). Буквенно-цифровые обозначения проставляют рядом с элементами справа или над ними. Буквы и цифры выполняют одним номером шрифта.

На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется назначением схем. Их помещают или около условных графических обозначений (номинальные значения параметров), или на свободном поле схемы, над основной надписью (диаграммы, таблицы, текстовые указания).

**Обозначения общего применения в схемах.** Условные графические обозначения (направления потока энергии, жидкости, газа; направления движения; линий механической связи; передачи движения; регулирования) приведены в табл. 18.1 [186].

**Схемы кинематические.** Кинематические схемы в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие типы: принципиальные, структурные и функциональные кинематические [182].

На кинематической схеме изделия должен быть представлен весь состав кинематических элементов, их соединения, кинематические связи (внутри исполнительных органов, между отдельными парами, цепями, группами, связи с источником движения) в соответствии со стандартами [180, 182].

Каждому кинематическому элементу присваивают порядковый номер, начиная от источника движения. Валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы — арабскими. Порядковый номер проставляют на полке линии-выноски, под полкой указывают характеристики и параметры элемента (*m*, *z* и т. д.).

**Таблица 18.1.** Обозначения условные графические общего применения в схемах по ГОСТ 2.721—74\*

Наименование	Обозначение
<i>Обозначение направления потока газа, жидкости, энергии</i>	
Поток газа (воздуха):	
в одном направлении (например, вправо)	
в обоих направлениях	
Поток жидкости:	
в одном направлении (например, вправо)	
в обоих направлениях	
Поток электромагнитной энергии, сигнал электрический:	
в одном направлении (например, вправо)	
в обоих направлениях одновременно	
в обоих направлениях одновременно	

Наименование	Обозначение
<i>Обозначение направления движения</i>	
Движение прямолинейное:	
одностороннее	
возвратное	
одностороннее с выстоем	
возвратное с выстоем	
одностороннее с ограничением	
возвратно-поступательное	
Движение вращательное:	
одностороннее	
возвратное	
одностороннее с выстоем	
с ограничением движения в направлении вращения	
<i>Обозначение линий механической связи</i>	
Линия механической связи в гидравлических и пневматических схемах	
Линия механической связи в электрических схемах	



Наименование	Обозначение
<i>Обозначение передачи движения</i>	
Линия механической связи, передающей движение	
Линия механической связи со ступенчатым движением	
Линия механической связи, срабатывающей периодически	
Движение винтовое (например, вправо)	
<i>Обозначение линейного регулирования</i>	
Общее обозначение (а) Плавное регулирование (б) Ступенчатое регулирование (в)	
<i>Обозначение приводов</i>	
Общее обозначение	
Пневматический или гидравлический привод	
Электромашинный привод	
Электромагнитный привод	

Схему вычерчивают в виде развертки или в ортогональных или аксонометрических проекциях. Элементы кинематической схемы изображают условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.770—68\* (СТ СЭВ 2519—80) [187] или упрощенно внешними очертаниями.

На кинематической схеме изображают: а) валы, оси, стержни, шатуны — сплошными основными линиями толщиной  $s$ ; б) элементы, изображенные упрощенно внешними очертаниями, зубчатые колеса, червяки, звездочки, шкивы, кулачки — сплошными тонкими линиями толщиной  $s/2$ ; в) контуры изделия, в которые вписана схема, — сплошными тонкими линиями толщиной  $s/3$ .

Взаимное расположение элементов на схеме должно соответствовать определенному положению (исходному, рабочему и т. п.). Допускается изображать крайние положения элемента на схеме тонкими штрихпунктирными линиями с двумя точками.

Допускается на кинематической схеме переносить элементы вверх или вниз от истинного положения, выносить их за контур изделия, не меняя положения, и поворачивать в положения, наиболее удобные для изображения.

Характеристики и параметры кинематических элементов допускается помещать в перечень элементов в виде таблицы (см. рис. 18.10).

Буквенные коды наиболее распространенных элементов механизмов, установленные ГОСТ 2.703\* (СТ СЭВ 1187—78): А — механизм (общее обозначение); В — вал; С — элементы кулачковых механизмов (кулачок, толкатель); Е — разные элементы; Н — элементы механизмов с гибкими звеньями (ремень, цепь); К — элементы рычажных механизмов (коромысло, кривошип, кулиса, шатун); М — источник движения (двигатель); Р — элементы мальтийских и храповых механизмов; Т — элементы зубчатых и фрикционных механизмов (зубчатое колесо, зубчатая рейка, зубчатый сектор, червяк); Х и У — муфты, тормоза.

На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства) и основные взаимосвязи между ними. Структурные схемы изделия представляют или графическим изображением с применением простых геометрических фигур, или аналитической записью, допускающей применение ЭВМ. На структурной схеме должны быть указаны наименования каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применена простая геометрическая фигура. При этом наименования, как правило, вписывают внутрь этой фигуры.

На функциональной схеме изображают функциональные части изделия, участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями. Функциональные части изображают простыми геометрическими фигурами. Для передачи более полной информации о функциональной части внутри геометрической фигуры допускается помещать соответствующие обозначения или надпись.

На функциональной схеме должны быть указаны наименования всех изображенных функциональных частей. Для наиболее наглядного представления процессов, иллюстрируемых функциональной схемой, обозначения функциональных частей следует располагать в последовательности их функциональной связи. Допускается, если это не нарушает наглядности представления процессов, учитывать действительное расположение функциональных частей.

Если схема сложная, то для зубчатых колес указывают номер позиции, а к схеме прикладывают спецификацию колес.

Чтение кинематической схемы следует начинать от двигателя, дающего движение всем основным деталям механизма, и идти последовательно по ходу передачи движения.

**Схемы гидравлические и пневматические.** Гидравлические и пневматические схемы в зависимости от их основного назначения разделяются на следующие типы: структурные, принципиальные и схемы соединения [183].

На *структурной* схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними.

Функциональные части на схеме изображают сплошными основными линиями в виде прямоугольников (с указанием внутри прямоугольника наименования каждой функциональной части изделия) или условных графических обозначений. На линиях связи указывают направление потоков рабочей среды. При большом числе функциональных частей допускается проставлять порядковые номера справа от изображения или над ним (как правило, сверху вниз в направлении слева направо), а наименования, типы и обозначения функциональных частей указывать в таблице, помещаемой на поле схемы.

На *принципиальной* схеме (рис. 18.11) изображают все гидравлические и пневматические элементы или устройства (в виде условных графических обозначений) и все гидравлические (пневматические) связи между ними.

Все элементы и устройства изображают на схемах, как правило, в исходном положении. Каждый из них должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, состоящее из буквенного обозначения (табл. 18.2) и порядкового номера. Термины и определения указанных элементов приведены в ГОСТ 17398—72, ГОСТ 17752—81 (СТ СЭВ 2455—80) и ГОСТ 19587—74.

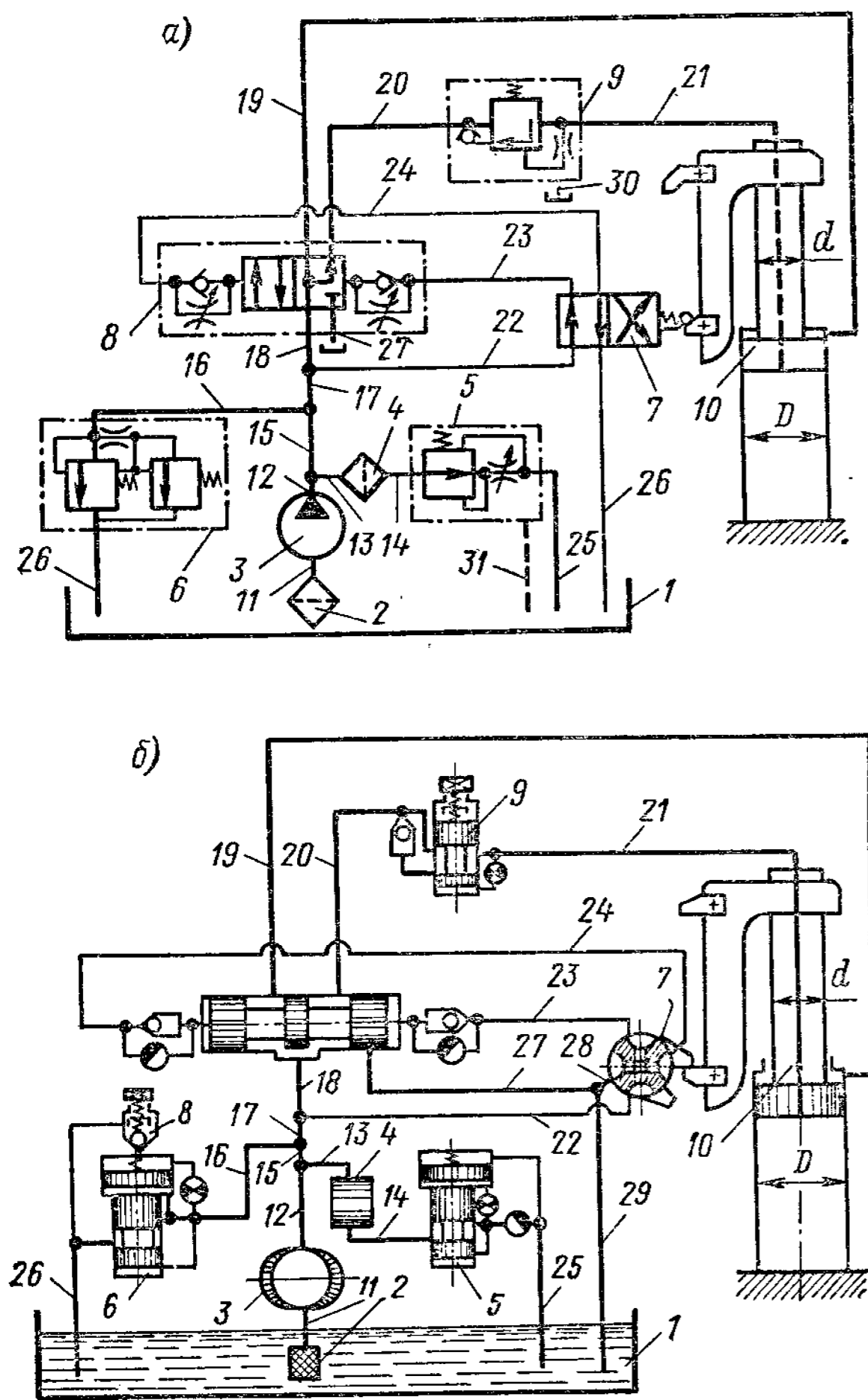


Рис. 18.11. Принципиальная гидравлическая схема. а — вариант выполнения условными графическими обозначениями; б — вариант с конструктивными обозначениями (на схеме дано только позиционное обозначение)

Стандарт [183] устанавливает правила присвоения буквенно-цифровых обозначений элементов и нанесения их на схеме. Данные об элементах записывают в таблицу перечня элементов (см. рис. 18.10, в) в установленном порядке.

На схеме следует указывать обозначения выводов (соединений) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации. При условном присвоении обозначений выводам (соединениям) на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

Таблица 18.2. Буквенные позиционные обозначения наиболее распространенных элементов [183]

Элемент	Обозначение	Элемент	Обозначение
Устройство (общее обозначение)	А	Масленка	МС
Гидроаккумулятор (пнеумоаккумулятор)	АК	Гидродинамическая муфта	МФ
Аппарат теплообменный	АТ	Насос	Н
Гидробак	Б	Насос аксиально-поршневой	НА
Влагодетель	ВД	Насос-мотор	НМ
Вентиль	ВН	Насос пластинчатый	НП
Гидровытеснитель	ВТ	Насос радиально-поршневой	НР
Пнеумоглушитель	Г	Пнеумогидропреобразователь	ПГ
Гидродвигатель (пнеумодвигатель) поворотный	Д	Гидропреобразователь	ПР
Делитель потока	ДП	Гидрораспределитель (пнеумораспределитель)	Р
Гидродроссель (пнеумодроссель)	ДР	Реле давления	РД
Гидрозамок (пнеумозамок)	ЗМ	Гидроаппарат (пнеумоаппарат) золотниковый	РЗ
Гидроклапан (пнеумоклапан):		Гидроаппарат (пнеумоаппарат) клапанный	РК
общего назначения	К	Регулятор потока	РП
выдержки времени	КВ	Ресивер	РС
давления	КД	Сепаратор	С
обратный	КО	Сумматор потока	СП
предохранительный	КП	Термометр	Т
редукционный	КР	Гидродинамический трансформатор	ТР
Компрессор	КМ	Устройство воздухопускное	УВ
Гидромотор (пнеумомотор)	М	Гидроусилитель	УС
Манометр	МН	Фильтр	Ф
Гидродинамическая передача	МП	Гидроцилиндр (пнеумоцилиндр)	Ц
Маслораспылитель	МР		

В линиях связи допускается указывать параметры потоков (давление, подачу, расход и т. п.), а также параметры, подлежащие измерению на контрольных отводах. Параметры потоков, а также адреса их внешних соединений допускается записывать в таблицы, помещаемые у обрывов линий связи на схеме.

Линиям связи могут быть присвоены порядковые номера, начиная с единицы по направлению потока рабочей среды, которые проставляют на схеме около обоих концов изображения.

На схеме соединений (монтажной) изображают все гидравлические и пнеуматические элементы и устройства, входящие в состав изделия, а также трубопроводы и элементы соединений трубопроводов, которые изображают в виде упрощенных внешних очертаний (рис. 18.12).

Трубопроводы изображают сплошными основными линиями в виде условных графических обозначений, а элементы и устройства — в виде прямоугольников, около которых указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме (см. рис. 18.11 и рис. 18.12). На схеме указывают обозначение выводов (соединений). Трубопроводам присваивают цифровые позиционные обозначения в пределах изделия, допускается нумеровать группы трубопроводов. Сортамент и материал труб указывают в перечне элементов или около линий на схеме.

Условные графические обозначения, применяемые в гидравлических и пневматических схемах, установлены в ГОСТ 2.780—68\* (СТ СЭВ 1985—79) — ГОСТ 2.782—68\* (СТ СЭВ 1985—79).

Важно отметить, что графическая символика, введенная стандартами ЕСКД для гидравлических и пневматических схем, не исключает, там где это необходимо и логично (например, для достижения простоты и выразительности схемы, облегчения ее чтения), пользование одновременно и конструктивными схемами аппаратов.

Помимо изображений принципиальные гидравлические схемы содержат технические данные насосов: модель, производительность, давление, частоту вращения и мощность электродвигателя привода, а для регулируемых насосов — пределы про-

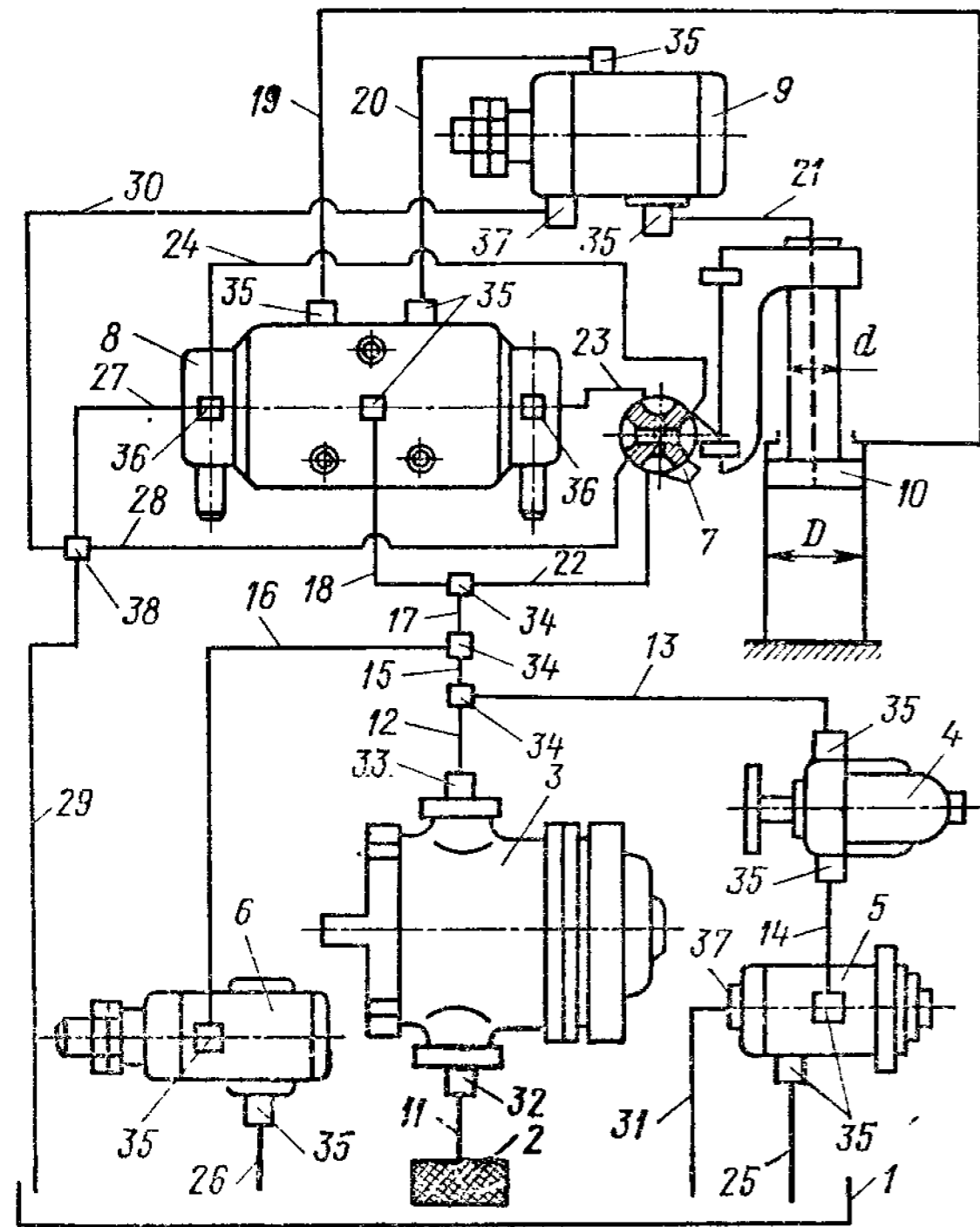


Рис. 18.12. Гидравлическая схема соединений (монтажная)

производительности. В технических данных гидроаппаратов указывают присоединительные резьбы, условные проходы, давления и допускаемые расходы жидкости.

**Схемы электрические.** Электрические схемы выполняют по правилам, установленным стандартами [180, 181, 184]. На принципиальной электрической схеме изображают все электрические элементы, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, и все электрические связи между ними, а также электрические элементы (разъемы, зажимы и т. д.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Схемы вычерчивают для изделий, находящихся в отключенном состоянии.

Условные графические обозначения в электрических схемах приведены в ГОСТ 2.721—74\*; ГОСТ 2.722—68\*; ГОСТ 2.723—68\*; ГОСТ 2.725—68\*; ГОСТ 2.726—68\*; ГОСТ 2.727—68\* (СТ СЭВ 862—78); ГОСТ 2.728—74\* (СТ СЭВ 863—78; СТ СЭВ 864—78); ГОСТ 2.729—68\*; ГОСТ 2.730—73\*; ГОСТ 2.731—81 (СТ СЭВ 865—78); ГОСТ 2.732—68\* (СТ СЭВ 866—78); ГОСТ 2.745—68\* (СТ СЭВ 656—77); ГОСТ 2.747—68\*; ГОСТ 2.750—68; ГОСТ 2.754—72\*; ГОСТ 2.755—74\*; ГОСТ 2.756—76\* (СТ СЭВ 712—77).

## Список литературы<sup>1</sup>

### К главе 1

1. Бурдун Г. Д. Справочник по Международной системе единиц. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во стандартов, 1980. 232 с.
2. ГОСТ 8.417—81 (СТ СЭВ 1052—78). ГСИ. Единицы физических величин. Введ. 01.01.82.
3. Камке Д., Крмер К. Физические основы единиц измерения. Пер. с нем. М.: Мир, 1980. 208 с.
4. РД 50-160—79. Методические указания. Внедрение и применение СТ СЭВ 1052—78 «Метрология. Единицы физических величин». М.: Изд-во стандартов, 1979. 57 с.
5. Таблицы перевода единиц измерений/Под ред. К. П. Широкова. М.: Изд-во стандартов, 1963. 118 с.
6. Таблицы физических величин: Справочник/Под ред. акад. И. К. Кикоина. М.: Атомиздат, 1976. 1008 с.
7. Чертов А. Г. Единицы физических величин: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1977. 287 с.

### К главе 2

8. ГОСТ 9.008—82. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Термины и определения. Введ. 01.01.83.
9. ГОСТ 9.032—74\*. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Классификация и обозначения. (Изменение 2, ИУС № 5, 1980 г.).
10. ГОСТ 9.073—77\*. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Виды, ряды толщин и обозначения. (Изменение 1, ИУС № 11, 1982 г.).
11. ГОСТ 9.101—78. ЕСЗКС. Основные положения.
12. ГОСТ 14.202—73\*. Правила выбора показателей технологичности конструкции изделий. (Изменение 1, ИУС № 6, 1983 г.).
13. ГОСТ 14.203—73\*. Правила обеспечения технологичности конструкции сборочных единиц. (Изменение 1, ИУС № 6, 1983 г.).
14. ГОСТ 14.204—73\*. Правила обеспечения технологичности конструкции деталей.
15. ГОСТ 14.205—83 (СТ СЭВ 2063—79). ЕСТПП. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. — Взамен ГОСТ 18831—73. Введ. 01.07.83.
16. ГОСТ 15.001—73\*. Разработка и постановка продукции на производство. Основные положения (Изменение 3, ИУС № 3, 1982 г.).
17. ГОСТ 15.302—81. Система разработки и постановки продукции на производство. Постановка на производство продукции, ранее освоенной на других предприятиях. Введ. 01.07.82.
18. ГОСТ 15.304—80. Авторский надзор за освоением и производством продукции. Основные положения.
19. ГОСТ 15.801—83. Система разработки и постановки продукции на производство. Снятие продукции с производства. Основные положения. Введ. 01.07.81.
20. ГОСТ 9825—73\*. Материалы лакокрасочные. Термины, определения и обозначения. (Изменение 1, ИУС № 2, 1979 г.).
21. ГОСТ 18831—73. Технологичность конструкций. Термины и определения.
22. ГОСТ 21495—76\*. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. (Изменение 1, ИУС № 2, 1982 г.).
23. ГОСТ 25051.0—81. Система государственных испытаний продукции. Основные положения. Введ. 01.07.82.
24. Методика обработки конструкций на технологичность и оценки уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения. М.: Изд-во стандартов, 1976. 55 с.
25. Моисеев М. П. Экономика технологичности конструкций. М.: Машиностроение, 1981. 253 с.
26. Обеспечение технологичности конструкций изделий: Сб. статей. М.: Изд-во стандартов, 1976. 80 с.
27. СТ СЭВ 2063—79. Технологичность конструкции изделий машиностроения. Термины и определения.

### К главе 3

28. ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75). Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. Введ. 01.07.83.
29. ГОСТ 25347—82 (СТ СЭВ 144—75). Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки. Введ. 01.07.83.
30. ГОСТ 25348—82 (СТ СЭВ 177—75). Единая система допусков и посадок. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм. Введ. 01.07.83.
31. ГОСТ 25349—82 (СТ СЭВ 179—75). Единая система допусков и посадок. Поля допусков деталей из пластмасс. Введ. 01.07.83.
32. ГОСТ 25670—83 (СТ СЭВ 302—76). Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками. Введ. впервые с 01.07.84.

<sup>1</sup> Звездочкой отмечено обозначение стандарта, к которому принято изменение. В скобках указан номер последнего изменения, номер и год издания информационного указателя стандартов (ИУС).



33. Допуски и посадки. Справочник в 2-х т./В. Д. Мягков, М. А. Палей; А. Брагинский и др. 6-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1982. Т. 1. 541 с.; Т. 2. 448 с.
34. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: справочник. Т. 1. М.: Изд-во стандартов, 1979. 212 с.
35. Рекомендации по внедрению стандартов СЭВ на допуски и посадки гладких соединений (ЕСДП СЭВ). М.: Изд-во стандартов, 1980. 95 с.
36. СТ СЭВ 302—76. Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками.
37. Якушев А. И., Бежелукова Е. Ф., Плуталов В. Н. Допуски и посадки ЕСДП СЭВ для гладких цилиндрических деталей. М.: Изд-во стандартов, 1978. 256 с.

#### К главе 4

38. ГОСТ 8032—56\*. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел. (Изменение 1, ИУС № 3, 1970 г.).
39. ГОСТ 6636—69\* (СТ СЭВ 514—77). Нормальные линейные размеры. (Изменение 1, ИУС № 9, 1981 г.).
40. ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 178—75; СТ СЭВ 513—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов. Введ. 01.01.82.
41. ГОСТ 8593—81 (СТ СЭВ 512—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные конусности и углы конусов. Введ. 01.01.82.
42. ГОСТ 25548—82 (СТ СЭВ 1779—79). Основные нормы взаимозаменяемости. Конусы конические соединения. Термины и определения. Введ. 01.01.84.
43. Справочные таблицы по деталям машин/В. З. Васильев, А. А. Кохтев, В. С. Цацкин, К. А. Шапошников. В 2-х т. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1965. Т. 1, 716 с.; Т. 2, 600 с.

#### К главе 5

44. ГОСТ 14140—81 (СТ СЭВ 637—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей. Введ. 01.07.81.
45. ГОСТ 24642—81 (СТ СЭВ 301—76). Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. Введ. 01.07.81.
46. ГОСТ 24643—81 (СТ СЭВ 636—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. Введ. 01.07.81.
47. ГОСТ 25069—81 (СТ СЭВ 1911—79). Основные нормы взаимозаменяемости. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей. Введ. 01.07.82.

#### К главе 6

48. ГОСТ 2789—73\* (СТ СЭВ 638—77). Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. Введ. 01.01.81 (Изменение 1, ИУС № 7, 1980 г.).
49. ГОСТ 24773—81. Поверхности с регулярным микрорельефом. Классификация, параметры и характеристики. Введ. 01.07.82.
50. ГОСТ 25142—82 (СТ СЭВ 1156—78). Шероховатость поверхности. Термины и определения. Введ. 01.01.83.
51. Методические указания по внедрению ГОСТ 2789—73. М.: Изд-во стандартов, 1975. 17 с.
52. Мягков В. Д. Краткий справочник конструктора. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1975. 816 с.
53. Палей М. А. Отклонения формы и расположения поверхностей. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во стандартов, 1973. 244 с.
54. Рыжов Э. В. Опорная площадь поверхностей, подвергнутых механической обработке. — Вестник машиностроения, 1964, № 4, с. 56—62.
55. РС 3951—73. Волнистость поверхности. Термины, определены и параметры.

#### К главе 7

56. Аскинази Б. М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработки. Л.: Машиностроение, 1977. 184 с.
57. Демкин Н. Б. Контактное шероховатых поверхностей. М.: Наука, 1970. 58 с.
58. Елизаветин М. А. Повышение надежности машин. М.: Машиностроение, 1973. 30 с.
59. Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин и приборов; тезисы к научно-технической конференции. Л.: ЛДНТП, 1969. 127 с.
60. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 526 с.
61. Маталли А. А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. Киев: Техника, 1971. 144 с.
62. Микрогеометрия и эксплуатационные свойства машин: Межвуз. научно-технический сборник. Рига, Зинатне, 1975, вып. 4. 156 с.
63. Рекомендации по внедрению стандартов СЭВ на допуски и посадки гладких соединений (ЕСДП СЭВ). М.: Изд-во стандартов, 1980. 95 с.
64. Справочник металлиста. Т. 2. М.: Машиностроение, 1977. 720 с.
65. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2-х т./Под ред. И. В. Крагельского, В. В. Алишина. Т. 1. М.: Машиностроение, 1978. 400 с.

66. Шнейдер Ю. Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства. Л.: Машиностроение, 1972. 240 с.
67. Яцерицын П. И., Рыжов Э. В., Аверченков В. И. Технологическая наследственность в машиностроении. Минск: Наука и техника, 1977. 256 с.

#### К главе 8

68. ГОСТ 4608—81 (СТ СЭВ 306—76). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Посадки с натягом. Введ. 01.01.82.
69. ГОСТ 6211—81 (СТ СЭВ 1159—78). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трубная коническая. Введ. 01.01.83.
70. ГОСТ 6357—81 (СТ СЭВ 1157—78). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трубная цилиндрическая. Введ. 01.01.83.
71. ГОСТ 8724—81 (СТ СЭВ 181—75). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги. Введ. 01.01.82.
72. ГОСТ 9150—81 (СТ СЭВ 180—75). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль. Введ. 01.01.82.
73. ГОСТ 9484—81 (СТ СЭВ 146—78). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная. Профиль. Введ. 01.01.82.
74. ГОСТ 9562—81 (СТ СЭВ 836—78). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная однозаходная. Допуски. Введ. 01.01.82.
75. ГОСТ 10177—82 (СТ СЭВ 1781—79). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба упорная. Профиль и основные размеры. Введ. 01.01.83.
76. ГОСТ 11709—81 (СТ СЭВ 1158—79). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая для деталей из пластмасс. Введ. 01.07.82.
77. ГОСТ 16093—81 (СТ СЭВ 640—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором. Введ. 01.01.82.
78. ГОСТ 24705—81 (СТ СЭВ 182—75). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры. Введ. 01.01.82.
79. ГОСТ 24737—81 (СТ СЭВ 838—78). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная однозаходная. Основные размеры. Введ. 01.01.82.
80. ГОСТ 24738—81 (СТ СЭВ 639—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная однозаходная. Диаметры и шаги. Введ. 01.01.82.
81. ГОСТ 24739—81 (СТ СЭВ 185—79). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная многозаходная. Основные размеры и допуски. Введ. 01.01.82.
82. ГОСТ 24834—81 (СТ СЭВ 305—76). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Переходные посадки. Введ. 01.01.82.
83. ГОСТ 25096—82 (СТ СЭВ 2058—79). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба упорная. Допуски. Введ. 01.01.83.
84. ГОСТ 25229—82 (СТ СЭВ 304—76). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая коническая. Введ. 01.01.83.

#### К главе 9

85. ГОСТ 1139—80 (СТ СЭВ 187—75; СТ СЭВ 188—75). Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски.
86. ГОСТ 6033—80 (СТ СЭВ 259—76; СТ СЭВ 268—76; СТ СЭВ 269—76; СТ СЭВ 517—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°. Размеры, допуски и измеряемые величины.
87. ГОСТ 8790—75. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими направляющими шпонками с креплением на валу. Допуски и посадки.
88. ГОСТ 10748—79. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими высокими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.
89. ГОСТ 23360—78. Шпонки призматические. Размеры, допуски и посадки.
90. ГОСТ 24068—80 (СТ СЭВ 645—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с клиновыми шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.
91. ГОСТ 24069—80 (СТ СЭВ 646—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с тангенциальными нормальными шпонками. Размеры сечений шпонок и пазов. Допуски и посадки.
92. ГОСТ 24070—80 (СТ СЭВ 646—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с тангенциальными усиленными шпонками. Размеры сечений шпонок и пазов.
93. ГОСТ 24071—80 (СТ СЭВ 647—77). Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с сегментными шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.
94. СТ СЭВ 189—75. Основные нормы взаимозаменяемости. Шпонки призматические. Основные размеры шпонок и сечений пазов.

#### К главе 10

95. ГОСТ 520—71\*. Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования. (Изменение 3, ИУС № 6, 1981 г.).
96. ГОСТ 1978—81 (СТ СЭВ 1010—78). Втулки подшипников скольжения металлические. Типы и основные размеры. Введ. 01.01.82.
97. ГОСТ 3325—55\* (СТ СЭВ 773—77). Подшипники шариковые и роликовые. Посадки. (Изменение 3, ИУС № 6, 1981 г.).
98. ГОСТ 3478—79 (СТ СЭВ 402—76). Подшипники качения. Основные размеры.



99. ГОСТ 11521—82 — ГОСТ 11525—82; ГОСТ 11607—82 — ГОСТ 11611—82; ГОСТ 25105—82; ГОСТ 25106—82. Корпуса подшипников скольжения, втулки и вкладыши к ним. Конструкция, размеры и технические требования. Введ. 01.07.83.
100. ГОСТ 18282—72. Подшипники скольжения машин. Термины и определения.
101. ГОСТ 24832—81 (СТ СЭВ 1008—78). Втулки подшипников скольжения биметаллические. Типы и основные размеры.
102. ГОСТ 24833—81 (СТ СЭВ 1009—78). Втулки подшипников скольжения из сплавов. Типы и основные размеры.
103. ГОСТ 24955—81 (СТ СЭВ 1473—78). Подшипники качения. Термины и определения. Введ. 01.01.82.
104. ГОСТ 25143—82 (СТ СЭВ 1782—79). Вкладыши подшипников скольжения тонкостенные биметаллические. Основные размеры. Введ. 01.07.82.
105. ГОСТ 25256—82 (СТ СЭВ 1472—78). Подшипники качения. Допуски. Термины и определения. Введ. 01.07.83.
106. Подшипники качения: Справочник/Р. В. Коросташевский, В. Н. Нарышкин, В. Ф. Старостин и др. — М.: Машиностроение, 1983.
107. СТ СЭВ 774—77. Подшипники качения. Технические требования.

#### К главе 11

108. Глухарев Б. Г., Зубарев Н. И. Зубчатые соединения: Справочник, 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1983. 270 с.
109. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник. Т.2. М.: Изд-во стандартов, 1982. 292 с.
110. Зубчатые передачи: Справочник/Е. Г. Гинзбург, Н. Ф. Голованов, Н. Б. Фирун, Н. Т. Халевский. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1980. 416 с.
111. Тайн Б. А. Точность и контроль зубчатых колес. М.: Машиностроение, 1972. 367 с.
- Список стандартов приведен в табл. 11.1.

#### К главе 12

112. ГОСТ 2893—82 (СТ СЭВ 2796—80). Подшипники качения. Канавки под упорные пружинные кольца. Кольца упорные пружинные.
113. ГОСТ 4253—48. Шарико- и роликоподшипники. Фаски.
114. ГОСТ 8820—69\*. Канавки для выхода шлифовального круга. Форма и размеры. (Изменение 1, ИУС № 9, 1980 г.).
115. ГОСТ 10549—80 (СТ СЭВ 214—75). Выход резьбы Сбеги, недорезы, проточки и фаски.
116. ГОСТ 10948—64 (СТ СЭВ 2814—80). Радиусы закруглений и фаски. Размеры.
117. ГОСТ 12414—66\* (СТ СЭВ 215—82). Концы болтов, винтов и шпилек. Размеры. (Изменение 2, ИУС № 5, 1983 г.).
118. ГОСТ 12415—80\*. Отверстия под концы установочных винтов. Типы и размеры.
119. ГОСТ 12876—67\*. Поверхности опорные под крепежные детали. Размеры. (Изменение 3, ИУС № 8, 1980 г.).
120. ГОСТ 13014—80 (СТ СЭВ 777—77). Втулки стяжные подшипников качения. Основные размеры.
121. ГОСТ 14034—74\*. Отверстия центровые. Размеры (Изменение 2, ИУС № 6, 1981 г.).
122. ГОСТ 14775—81. Канавки для выхода долбяков.
123. ГОСТ 16030—70\*. Отверстия сквозные и продолговатые под крепежные детали. Формы и размеры. (Изменение 1, ИУС № 10, 1980 г.).
124. ГОСТ 19257—73. Отверстия под нарезание метрической резьбы. Диаметры.
125. ГОСТ 19258—73. Стержни под нарезание метрической резьбы. Диаметры.
126. ГОСТ 20226—82 (СТ СЭВ 2794—80). Подшипники качения. Запечки для установки подшипников качения. Размеры.
127. ГОСТ 21474—75. Рифления прямые и сетчатые. Форма и основные размеры.
128. ГОСТ 24208—80 (СТ СЭВ 776—77). Втулки закрепительные подшипников качения. Основные размеры.
129. ГОСТ 24644—81. Концы шпинделей и оправок сверлильных, расточных и фрезерных станков. Размеры. Технические требования.
130. ГОСТ 24669—81 (СТ СЭВ 1016—78). Шлицы прямые для винтов и шурупов. Размеры. Введ. 01.07.81.
131. ГОСТ 24670—81 (СТ СЭВ 1014—78) Болты, винты и шурупы. Радиусы под головкой. Введ. 01.07.81.
132. ГОСТ 24671—81 (СТ СЭВ 1015—78). Болты, винты, шурупы и гайки. Основные размеры шестигранных головок болтов, винтов, шурупов и шестигранных гаек. Введ. 01.01.82.
133. ГОСТ 25020—81. Гидро- и пневмоцилиндры. Резьбы присоединительные штоков и плунжеров. Введ. 01.01.83.

#### К главе 13

134. Журавлев В. Н., Николаева О. И. Машиностроительные стали: Справочник. М.: Машиностроение, 1981. 391 с.
135. Качельсон М. Ю., Балаев Г. А. Полимерные материалы: Справочник. Л.: Химия, 1982. 317 с.
136. Леонтьев В. М. Судостроительные материалы. Л.: Судостроение, 1977. 111 с.

137. Машиностроительные материалы: Краткий справочник/В. М. Раскатов, В. С. Чуенков, Н. Ф. Бессонова, Д. А. Вейс. М.: Машиностроение, 1980. 511 с.
138. Приданцев М. В., Давыдова Л. Н., Тамарина Н. А. Конструкционные стали: Справочник. М.: Металлургия, 1980. 288 с.
139. Стандартизация металлических материалов и изделий металлургического производства. М.: Изд-во стандартов, 1973. 328 с.

#### К главам 15—18

140. Алферов А. В. Механизация и автоматизация проектно-конструкторских работ. М.: Энергия, 1973. 121 с.
141. Бабулин Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. М.: Высшая школа, 1978. 320 с.
142. ГОСТ 2.001—70. ЕСКД. Общие положения.
143. ГОСТ 2.101—68 (СТ СЭВ 364—76). ЕСКД. Виды изделий.
144. ГОСТ 2.102—68\*. ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов. (Изменение 2, ИУС № 4, 1982 г.).
145. ГОСТ 2.103—68\* (СТ СЭВ 208—75). ЕСКД. Стадии разработки. (Изменение 1, ИУС № 10, 1981 г.).
146. ГОСТ 2.104—68\* (СТ СЭВ 140—74; СТ СЭВ 365—76). ЕСКД. Основные надписи. (Изменение 3, ИУС № 10, 1982 г.).
147. ГОСТ 2.105—79\* (СТ СЭВ 2667—80). ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. (Изменение 1, ИУС № 11, 1981 г.).
148. ГОСТ 2.106—68\*. ЕСКД. Текстовые документы. (Изменение 1, ИУС № 2, 1978 г.).
149. ГОСТ 2.108—68\* (СТ СЭВ 2516—80). ЕСКД. Спецификация. (Изменение 3, ИУС № 10, 1981 г.).
150. ГОСТ 2.109—73\* (СТ СЭВ 858—78; СТ СЭВ 1182—78). ЕСКД. Основные требования к чертежам. (Изменение 2, ИУС № 4, 1982 г.).
151. ГОСТ 2.201—80. ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов. Введ. 01.01.84.
152. ГОСТ 2.301—68\* (СТ СЭВ 1181—78). ЕСКД. Форматы. (Изменение 1, ИУС № 3, 1981 г.).
153. ГОСТ 2.302—68\* (СТ СЭВ 1180—78). ЕСКД. Масштабы. (Изменение 1, ИУС № 4, 1980 г.).
154. ГОСТ 2.303—68\* (СТ СЭВ 1178—78). ЕСКД. Линии. (Изменение 1, ИУС № 4, 1980 г.).
155. ГОСТ 2.305—68\*. ЕСКД. Изображения — виды, разрезы, сечения.
156. ГОСТ 2.306—68\* (СТ СЭВ 860—78). ЕСКД. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах. (Изменение 1, ИУС № 11, 1980 г.).
157. ГОСТ 2.307—68\*. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. (Изменение 1, ИУС № 6, 1973 г.).
158. ГОСТ 2.308—79 (СТ СЭВ 368—76). ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
159. ГОСТ 2.309—73\* (СТ СЭВ 1632—79). ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей. (Изменение 1, ИУС № 11, 1980 г.).
160. ГОСТ 2.310—68\* (СТ СЭВ 367—76). ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки. (Изменение 1, ИУС № 4, 1973 г.).
161. ГОСТ 2.311—68 (СТ СЭВ 284—76). ЕСКД. Изображение резьбы.
162. ГОСТ 2.312—72. ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.
163. ГОСТ 2.313—82 (СТ СЭВ 138—81). ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов неразъемных соединений. Введ. 01.01.84.
164. ГОСТ 2.314—68\* (СТ СЭВ 648—77). ЕСКД. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий. (Изменение 2, ИУС № 10, 1980 г.).
165. ГОСТ 2.315—68\* (СТ СЭВ 1978—79). ЕСКД. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей. (Изменение 1, ИУС № 3, 1981 г.).
166. ГОСТ 2.316—68\* (СТ СЭВ 856—78). ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц. (Изменение 1, ИУС № 11, 1980 г.).
167. ГОСТ 2.318—81 (СТ СЭВ 1977—79). ЕСКД. Правила упрощенного нанесения размеров отверстий. Введ. 01.01.82.
168. ГОСТ 2.319—81 (СТ СЭВ 2824—80). ЕСКД. Правила выполнения диаграмм. Введ. 01.01.83.
169. ГОСТ 2.401—68\* (СТ СЭВ 285—76; СТ СЭВ 1185—78). ЕСКД. Правила выполнения чертежей пружин. (Изменение 2, ИУС № 6, 1981 г.).
170. ГОСТ 2.402—68 (СТ СЭВ 286—76). ЕСКД. Условные изображения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач.
171. ГОСТ 2.403—75\* (СТ СЭВ 859—78). ЕСКД. Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес. (Изменение 1, ИУС № 3, 1981 г.).
172. ГОСТ 2.404—75\* (СТ СЭВ 859—78). ЕСКД. Правила выполнения чертежей зубчатых реек. (Изменение 1, ИУС № 3, 1981 г.).
173. ГОСТ 2.405—75\* (СТ СЭВ 859—78). ЕСКД. Правила выполнения чертежей конических зубчатых колес. (Изменение 1, ИУС № 3, 1981 г.).
174. ГОСТ 2.406—76\* (СТ СЭВ 859—78). ЕСКД. Правила выполнения чертежей цилиндрических червяков и червячных колес. (Изменение 1, ИУС № 3, 1981 г.).
175. ГОСТ 2.409—74\* (СТ СЭВ 650—77). ЕСКД. Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений. (Изменение 1, ИУС № 10, 1980 г.).
176. ГОСТ 2.420—69\* (СТ СЭВ 1797—79). ЕСКД. Упрощенные изображения подшипников качения на сборочных чертежах. (Изменение 1, ИУС № 6, 1980 г.).
177. ГОСТ 2.501—68. ЕСКД. Правила учета и хранения.

- Г  
К  
Л  
К  
Н  
С  
Г  
1
178. ГОСТ 2.502—68\*. ЕСКД. Правила дублирования.
  179. ГОСТ 2.503—74\* (СТ СЭВ 1631—79). ЕСКД. Правила внесения изменений. (Изменение 2, ИУС № 4, 1982 г.).
  180. ГОСТ 2.701—76\* (СТ СЭВ 651—77). ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. (Изменение 1, ИУС № 10, 1980 г.).
  181. ГОСТ 2.702—75\* (СТ СЭВ 1188—78). ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. (Изменение 1, ИУС № 4, 1980 г.).
  182. ГОСТ 2.703—68\* (СТ СЭВ 1187—78). ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем. (Изменение 1, ИУС № 3, 1981 г.).
  183. ГОСТ 2.704—76\* (СТ СЭВ 1981—79). ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем. (Изменение 1, ИУС № 6, 1981 г.).
  184. ГОСТ 2.710—81 (СТ СЭВ 2182—80). ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
  185. ГОСТ 2.711—82. ЕСКД. Схема деления изделия на составные части. Введ. 01.07.83.
  186. ГОСТ 2.721—74\*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. (Изменение 1, ИУС № 6, 1981 г.).
  187. ГОСТ 2.770—68\* (СТ СЭВ 2519—80). ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики.
  188. ГОСТ 7.32—81. Отчет о научно-исследовательской работе. Введ. 01.01.82.
  189. Общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП).
  190. РД 50-134—78. Методические указания по контролю полноты изложения требований безопасности труда в конструкторской и технологической документации. М.: Изд-во стандартов, 1979.
  191. СТ СЭВ 159—75. ЕСКД СЭВ. Складывание чертежей.
  192. СТ СЭВ 138—81. ЕСКД СЭВ. Условные изображения неразъемных соединений.
  193. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. 14-е изд./Под ред. Г. Н. Поповой. Л.: Машиностроение, 1981. 416 с.
  194. Фролов С. А., Воинов А. В., Феоктистова Е. Д. Машиностроительное черчение; Учеб. пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1981. 304 с.

ИБ № 3799

Рефат Исмаилович ГЖИРОВ

### КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

Редакторы: *Р. Н. Михеева, В. М. Рощаль*  
Художественный редактор *С. С. Венедиктов*  
Технический редактор *Т. Н. Витошинская*  
Корректоры: *Т. Н. Гринчук, А. И. Лавриненко*  
Переплет художника *А. А. Власова*

Сдано в набор 15.03.83. Подписано в печать 24.07.84. М-34654.  
Формат 60X90<sup>1/16</sup>. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная.  
Печать высокая. Усл. печ. л. 29,0. Усл. кр.-отт. 29,0. Уч.-изд. л. 38,42.  
Дополнительный тираж 100 000 экз. Заказ 196. Цена 2 р. 40 к.

Ленинградское отделение ордена Трудового Красного Знамени  
издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени  
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой  
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.