



Справочник по допускам и посадкам
для рабочего-машиностроителя



И. М. БЕЛКИН

Справочник по допускам и посадкам для рабочего- машиностроителя

**Серия
справочников
для рабочих**

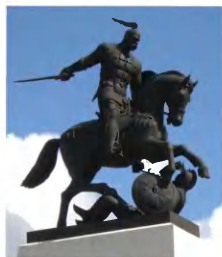


И. М. БЕЛКИН

Справочник по допускам и посадкам для рабочего- машиностроителя



**МОСКВА
« МАШИНОСТРОЕНИЕ »
1985**



ББК 34.41

Б43

УДК 621. 7.08 (035)

Рецензент лауреат Ленинской и Государственной премий
проф. С. М. СТЕПАШКИН

Белкин И. М.

Б43 **Справочник по допускам и посадкам для рабочего-машиностроителя. — М.: Машиностроение, 1985. — 320 с., ил. (Серия справочников для рабочих).**

В пер. 1 р. 30 к.

Приведены таблицы допусков и посадок типовых соединений, сопоставления Единой системы допусков и посадок СЭВ с системой ОСТ. Даны примеры применения посадок, сведения о сборочных размерных цепях, а также рекомендации по выбору способов обработки для получения заданных параметров точности и шероховатости поверхности.

Для рабочих машиностроительных и ремонтных предприятий, может быть полезен учащимся ПТУ

Б **2702000000-057** **57-85**
038(01)-85

ББК 34.41
6П5.1

Иван Михайлович Белкин

СПРАВОЧНИК ПО ДОПУСКАМ И ПОСАДКАМ ДЛЯ РАБОЧЕГО-МАШИНОСТРОИТЕЛЯ

Редактор **Е. В. Медведева**

Технический редактор **Т. С. Старых**

Художественный редактор **С. С. Водчик**

Корректор **В. Е. Блохина**

ИБ № 4644

Сдано в набор 20.03.84. Подписано в печать 29.12.84. Т-24437. Формат 84 × 108¹/₃₂. Бумага тип. № 3 Гарнитура таймс. Печать высокая. Усл. печ. л. 16,8. Усл. кр.-отт. 16,8. Уч.-изд. л. 19,89. Тираж 120 000 экз. Заказ 1359
Цена 1 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»
107076, Москва, Стромынский пер., 4

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15

© Издательство «Машиностроение», 1985 г

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ	6
Понятие о взаимозаменяемости	6
Линейные размеры и отклонения	7
Допуски размеров, посадки и допуски посадок	12
Системы допусков и посадок	20
Глава 2. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК (ЕСДП)	23
Квалитеты	23
Основные отклонения. Образование полей допусков	31
Рекомендации по применению посадок по ЕСДП и замене посадок по системе ОСТ	92
Неуказанные предельные отклонения размеров	102
Глава 3. ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ПО ФОРМЕ И РАСПОЛОЖЕНИЮ ПОВЕРХНОСТЕЙ. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ	106
Отклонения и допуски формы поверхностей	107
Отклонения расположения поверхностей и допуски	118
Суммарные отклонения формы и расположения, их допуски	126
Обозначение на чертежах допусков формы и расположения	130
Шероховатость поверхности	130
Обозначение на чертежах шероховатости поверхности	137
Волнистость поверхности	141
Глава 4. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ .	144
Классы точности подшипников качения	144
Посадки подшипников качения и их выбор	150
Глава 5. ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	160
Допуски и посадки шпоночных соединений	160
Допуски и посадки шлицевых прямобоочных соединений	167
Допуски и посадки эвольвентных шлицевых соединений	174
Глава 6. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ .	190
Параметры метрической резьбы	190
Допуски и посадки метрических резьб с зазорами	201
Допуски метрических резьб с натягами	223
Переходные посадки метрических резьб	228
Резьба метрическая коническая с конусностью 1 : 16	231
Глава 7. СИСТЕМА ДОПУСКОВ НА УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ И ПОСАДКИ КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	234
Допуски угловых размеров	234
Допуски и посадки конических соединений	239
Глава 8. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ .	246
Параметры зубчатых колес	246

Степени точности зубчатых колес	248
Кинематическая точность	251
Плавность работы	254
Контакт зубьев	256
Боковой зазор	257
Глава 9. РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ	263
Основные термины и определения	263
Задачи, решаемые с помощью размерных цепей	266
Методы решения обратной задачи размерных цепей	268
Методы решения прямой задачи размерных цепей	271
Глава 10. ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ ОТВЕРСТИЙ ПОД КРЕПЕЖНЫЕ ДЕТАЛИ	283
Глава 11. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС	287
Глава 12. СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ	293
Общие положения	293
Метрологические показатели средств измерения	295
Плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД)	297
Штангенинструменты	299
Микрометрические приборы (инструменты)	302
Рычажно-механические приборы	305
Предельные калибры	309
Выбор средств измерения	316
Предметный указатель	318

ПРЕДИСЛОВИЕ

В решении задач совершенствования технологии машиностроительного производства особое значение приобретают стандартизация и взаимозаменяемость, в частности обеспечение оптимальной точности размеров, формы и расположения поверхностей деталей.

Взаимозаменяемость на всех этапах машиностроительного производства обеспечивается строгим соблюдением допусков и посадок, установленных соответствующими стандартами и зафиксированных после их расчета или выбора в технической документации (чертежах, технологических картах, технических требованиях и т. д.).

Этой документацией при выполнении тех или иных операций технологического процесса руководствуется каждый рабочий машиностроительной специальности (слесарь, станочник, сборщик, испытатель, контролер, ремонтник и др.). Поэтому рабочий-машиностроитель в своей повседневной работе сталкивается с необходимостью чтения чертежей, на которых обозначены предельные отклонения и допуски, а также параметры шероховатости. Кроме того, рабочий должен быть подготовлен к проведению простейших расчетов по допускам и посадкам, использованию в необходимых случаях справочных пособий.

В последнее время потребность в справочном пособии возросла, а изучение допусков и посадок усложнилось. Это вызвано тем, что с 1-го января 1980 г. в нашей стране введена Единая система допусков и посадок СЭВ (сокращенно ЕСДП СЭВ), обязательная для применения во всех странах — членах СЭВ. ЕСДП СЭВ существенно отличается от действовавшей с 1929 г. в нашей стране системы допусков и посадок ОСТ. Например, в ЕСДП СЭВ вместо классов точности установлены квалитеты, буквенная символика допусков и посадок основана не на русском, а на латинском алфавите и т. п.

На ряде предприятий находится в обращении техническая документация как по ЕСДП СЭВ, так и по системе ОСТ. Поэтому рабочий должен уметь сопоставлять допуски обеих систем, безошибочно заменять поля допусков одной системы полями допусков другой системы. В решении этих задач существенную помощь должен оказать предлагаемый справочник по допускам и посадкам.

В справочнике содержатся необходимые рабочему материалы по допускам и посадкам цилиндрических, конических, шпоночных, шлицевых и резьбовых соединений, подшипников качения, по нормам шероховатости поверхности и по допускам формы и расположения поверхностей. В целях облегчения изучения ЕСДП СЭВ таблицы предельных отклонений и допусков валов и отверстий ЕСДП СЭВ даны в сопоставлении с заменяемыми полями допусков по системе ОСТ. Одна из глав содержит сведения о размерных цепях, необходимые при сборке изделий. В начале каждой главы указан перечень действующих стандартов по допускам и посадкам.

Справочник может быть полезен также учащимся профессионально-технических училищ.

В работе над справочником принимал участие В. К. Замятин, им написаны г. 9—12.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

ПОНЯТИЕ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

При производстве, эксплуатации и ремонте изделий особое значение имеет принцип взаимозаменяемости. **Взаимозаменяемостью**, согласно ГОСТ 18831—73, называется свойство конструкции составной части изделия, обеспечивающее возможность ее применения вместо другой без дополнительной обработки, с сохранением заданного качества изделия, в состав которого она входит. Взаимозаменяемые однотипные детали, изделия, например болты, шпильки, гайки, подшипники качения, могут быть независимо с заданной точностью изготовлены на различных предприятиях и установлены на «свои места» без дополнительной обработки или предварительной пригонки. Такая взаимозаменяемость называется **полной**.

Наряду с полной взаимозаменяемостью допускается **ограниченная**, или **неполная**, взаимозаменяемость, например *групповая* взаимозаменяемость, при которой изготовленные детали сортируют по размерам на несколько групп, затем производят сборку деталей одноименных (однономерных) групп (селективная сборка). Такая сборка повышает точность соединения. К неполной взаимозаменяемости относят сборку на основе *вероятностных расчетов*, сборку с *регулированием* положения или размеров отдельных деталей изделия, а также сборку с *пригонкой* одной из собираемых деталей.

Взаимозаменяемость обеспечивает высокое качество изделий и снижает их стоимость, способствуя при этом развитию прогрессивной технологии и измерительной техники.

Взаимозаменяемость базируется на стандартизации, нормативно-техническим документом которой является стандарт, разработанный на основе последних достижений науки, техники и передового опыта и утвержденный для обязательного применения. Согласно ГОСТ 1.0—68 **стандартом** называется нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом.

Нормирование допусков и посадок осуществлено двумя системами стандартов: «Основными нормами взаимозаменяемости» (ОНВ) и «Единой системой допусков и посадок» (ЕСДП). ЕСДП распространяется на допуски размеров гладких элементов деталей и на посадки, образуемые при соединении этих деталей. ОНВ устанавливают допуски и посадки на шпоночные, шлицевые, резьбовые соединения, на зубчатые передачи и колеса и др.

Допуски и посадки должны быть указаны в технической документации, например в чертеже, содержащем изображение изделия и все сведения, необходимые для его изготовления и контроля.

ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ И ОТКЛОНЕНИЯ

На чертеже детали (рис. 1) проставляют размеры, называемые номинальными, и предельные отклонения размеров или условные обозначения допусков. Номинальный размер отверстия обозначают латинской прописной буквой D , а номинальный размер вала — латинской строчной буквой d . Термин «отверстие» применяют для обозначения внутренних (охватываемых) цилиндрических и плоских параллельных поверхностей. Термин «вал» означает наружные (охватываемые) цилиндрические и плоские параллельные поверхности. В том случае, когда вал и отверстие образуют одно соединение, за *номинальный размер соединения* принимают общий размер для вала и отверстия, обозначаемый буквой $D(d)$. Номинальный размер выбирают из рядов нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636—69 (СТ СЭВ 514—77) (табл. 1), ограничивающих число применяемых размеров. В результате достигается удешевление продукции за счет уменьшения номенклатуры режущего инструмента и изделий. Для размеров в интервале 0,001—0,009 мм устанавливается ряд: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006; 0,007; 0,008 и 0,009 мм. В ГОСТ 6636—69 предусмотрены четыре основных ряда нормальных размеров: Ra5; Ra10; Ra20 и Ra40 и один ряд дополнительных размеров. Следует предпочитать ряды с более крупной градацией размеров (с большим знаменателем прогрессии), т. е. ряд Ra5 следует предпочитать ряду Ra10 и т. п.

В ЕСДП СЭВ и в «Основных нормах взаимозаменяемости» все обозначения даны буквами латинского алфавита.

Обработав деталь точно по номинальному размеру практически невозможно из-за многочисленных погрешностей (ошибок), влияющих на процесс обработки. Размеры обработанной детали отличаются от заданного номинального размера. Поэтому *их ограничивают двумя предельными размерами*, один из которых (большой) называется *наибольшим предельным размером*, а другой (меньший) — *наименьшим предельным размером*. Наибольший предельный размер отверстия обозначают $D_{\max}$, вала — $d_{\max}$; соответственно наименьший предельный размер отверстия — $D_{\min}$ и вала — $d_{\min}$.

Измерением с допустимой погрешностью отверстия или вала определяют их *действительный размер*. Деталь является годной, если ее действительный размер больше наименьшего предельного размера, но не превосходит наибольшего предельного размера.

На чертежах вместо предельных размеров рядом с номинальным размером указывают два *предельных отклонения*, например $8 \pm \begin{smallmatrix} 0,028 \\ 0,019 \end{smallmatrix}$ мм.

Отклонением называется алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером. Таким образом, номинальный размер служит также началом отсчета отклонений и определяет положение *нулевой линии*.

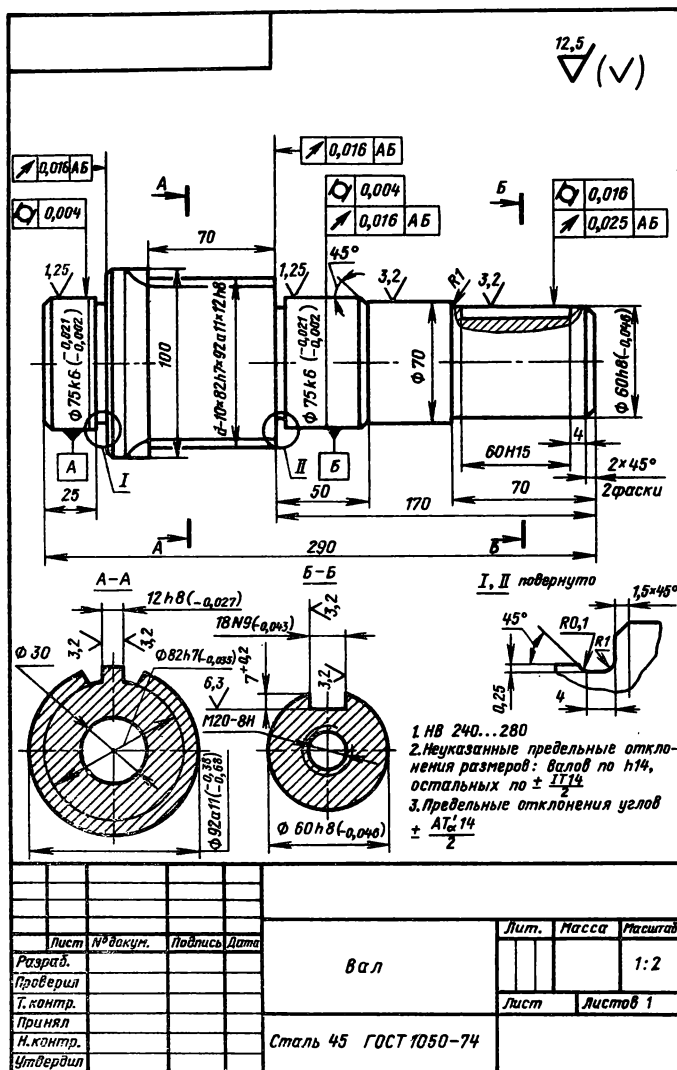


Рис. 1. Рабочий чертеж детали (вала)

1. Ряды нормальных линейных размеров, мм

Ra5	Ra10 √	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
0,10	0,10	0,10 0,11	0,100 0,105 0,110 0,115	1,0	0,80	0,80 0,90	0,80 0,85 0,90 0,95
	0,12	0,12 0,14	0,12 0,13 0,14 0,15		1,0	1,0 1,1	1,0 1,05 1,1 1,15
0,16	0,16	0,16 0,18	0,16 0,17 0,18 0,19	1,6	1,2	1,2 1,4	1,2 1,3 1,4 1,5
	0,2	0,2 0,22	0,20 0,21 0,22 0,24		1,6	1,6 1,8	1,6 1,7 1,8 1,9
0,25	0,25	0,25 0,28	0,25 0,26 0,28 0,30	2,5	2,0	2,0 2,2	2,0 2,1 2,2 2,4
	0,32	0,32 0,36	0,32 0,34 0,36 0,38		2,5	2,5 2,8	2,5 2,6 2,8 3,0
0,40	0,40	0,40 0,45	0,40 0,42 0,45 0,48	4,0	3,2	3,2 3,6	3,2 3,4 3,6 3,8
	0,50	0,50 0,56	0,50 0,53 0,56 0,60		4,0	4,0 4,5	4,0 4,2 4,5 4,8
0,63	0,63	0,63 0,71	0,63 0,67 0,71 0,75		5,0	5,0 5,6	5,0 5,3 5,6 6,0

Продолжение табл. 1

Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
6,3	6,3	6,3	6,3		50	50	50
		7,1	6,7 7,1 7,5			56	53 56 60
	8,0	8,0	8,0	63	63	63	63
		9,0	8,5 9,0 9,5			71	67 71 75
10	10	10	10		80	80	80
		11	10,5 11 11,5			90	85 90 95
	12	12	12	100	100	100	100
		14	13 14 15			110	105 110 120
16	16	16	16		125	125	125
		18	17 18 19			140	130 140 150
	20	20	20	160	160	160	160
		22	21 22 24			180	170 180 190
25	25	25	25		200	200	200
		28	26 28 30			220	210 220 240
	32	32	32	250	250	250	250
		36	34 36 38			280	260 280 300
40	40	40	40		320	320	320
		45	42 45 48			360	340 360 380

Продолжение табл. 1

Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
400	400	400	400		2000	2000	2000
			420				2120
		450	450			2240	2240
			480				2360
	500	500	500	2500	2500	2500	2500
			530				2650
		560	560			2800	2800
			600				3000
630	630	630	630		3150	3150	3150
			670				3350
		710	710			3550	3550
			750				3750
	800	800	800	4000	4000	4000	4000
			850				4250
		900	900			4500	4500
			950				4750
1000	1000	1000	1000		5000	5000	5000
			1060				5300
		1120	1120			5600	5600
			1180				6000
	1250	1250	1250	6300	6300	6300	6300
			1320				6700
		1400	1400			7100	7100
			1500				7500
1600	1600	1600	1600		8000	8000	8000
			1700				8500
		1800	1800			9000	9000
			1900				9500

Примечания. 1. Ряды линейных размеров построены на основе рядов предпочтительных чисел, представляющих собой десятичные ряды геометрических прогрессий со знаменателями: для рядов Ra5 — $\sqrt[5]{10} \approx 1,6$; Ra10 — $\sqrt[10]{10} \approx 1,25$; Ra20 — $\sqrt[20]{10} \approx 1,12$; Ra40 — $\sqrt[40]{10} \approx 1,06$.

2. Степень корня (см. прим. 1) входит в условное обозначение рядов: пятый ряд — Ra5, десятый ряд — Ra10 и т. д."

3. Числа, составляющие ряды линейных размеров, округлены.

4. Ряды номинальных размеров не распространяются на технологические межоперационные размеры, диаметры подшипников качения и резьб.

2. Предельные отклонения и допуск размера

Наименование, условное обозначение и определение	Расчетные формулы
D — номинальный размер отверстия d — номинальный размер вала	—
ES — верхнее отклонение отверстия — алгебраическая разность между наибольшим предельным $D_{\max}$ и номинальным размерами отверстия	$ES = D_{\max} - D$
EI — нижнее отклонение отверстия — алгебраическая разность между наименьшим предельным $D_{\min}$ и номинальным размерами отверстия	$EI = D_{\min} - D$
es — верхнее отклонение вала — алгебраическая разность между наибольшим предельным $d_{\max}$ и номинальным размерами вала	$es = d_{\max} - d$
ei — нижнее отклонение вала — алгебраическая разность между наименьшим предельным $d_{\min}$ и номинальным размерами вала	$ei = d_{\min} - d$
$TD(Td)$ — допуск размера отверстия (вала) — разность между наибольшим $D_{\max}(d_{\max})$ и наименьшим $D_{\min}(d_{\min})$ предельными размерами отверстия (вала), или допуск — абсолютная величина алгебраической разности между верхним $ES(es)$ и нижним $EI(ei)$ отклонениями отверстия (вала)	$TD = D_{\max} - D_{\min}$ $(Td = d_{\max} - d_{\min})$ или $TD = ES - EI$ $(Td = es - ei)$

Действительное отклонение — алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Предельное отклонение — алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Одно из предельных отклонений называется *верхним*, а другое — *нижним*. Обозначения отклонений, их определения и формулы приведены в табл. 2.

Верхнее и нижнее отклонения могут быть положительными, т. е. со знаком «плюс» (расположены выше номинального размера или нулевой линии), отрицательными, т. е. со знаком «минус» (расположены под нулевой линией), и равными нулю (совпадают с номинальным размером или нулевой линией).

ДОПУСКИ РАЗМЕРОВ, ПОСАДКИ И ДОПУСКИ ПОСАДОК

Допуск характеризует точность изготовления детали. Чем меньше допуск, тем труднее обрабатывать деталь, так как повышаются требования к точности станка, инструмента, приспособлений, квалификации

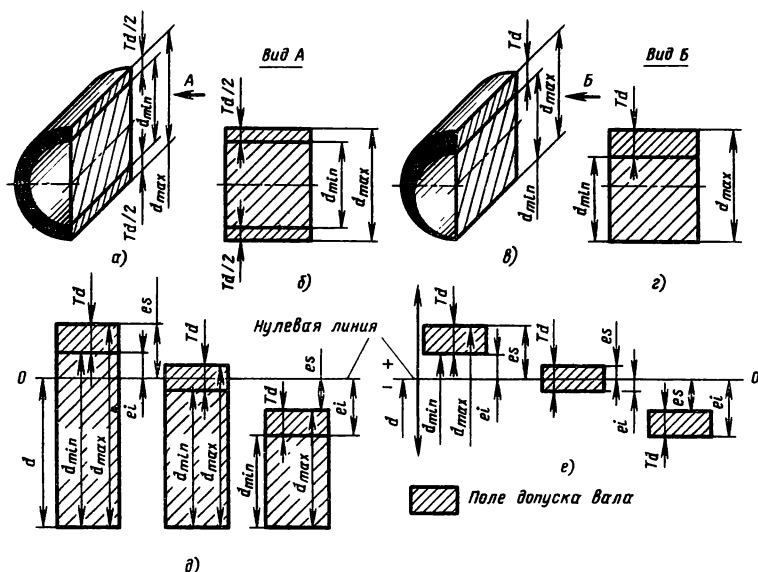


Рис. 2. Симметричное (а и б) и одностороннее (в и г) распределение допуска вала; варианты расположения поля допуска вала относительно нулевой линии (д), принятая схема изображения полей допусков (е)

рабочего. Неоправданно большие допуски снижают надежность и качество работы изделия.

Зону (поле), ограниченную верхним и нижним отклонениями, называют *полем допуска*. Оно определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

На рис. 2 и 3 представлены изображения полей допусков вала и отверстия. Для тел вращения (рис. 2, а и б) допуск относительно оси распределится на две половины $Td/2$, расположенные симметрично. Для упрощения и наглядности схем расположения полей допусков принято изображать их односторонне, как это показано на рис. 2, в, г для вала, а на рис. 3, а, б — для отверстия.

Поле допуска характеризует не только величину допуска, но и расположение его относительно номинального размера или нулевой линии (рис. 2, д и 3, в). Поле допуска может быть расположено выше, ниже, симметрично, односторонне и асимметрично относительно нулевой линии. В схемах расположения полей допусков предельные размеры

с номинальным размером дробью, в числителе которой указывают поле допуска или предельные отклонения отверстия, а в знаменателе — те же сведения для вала.

Посадкой с натягом называется посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (рис. 4, в). При этой посадке поле допуска отвер-

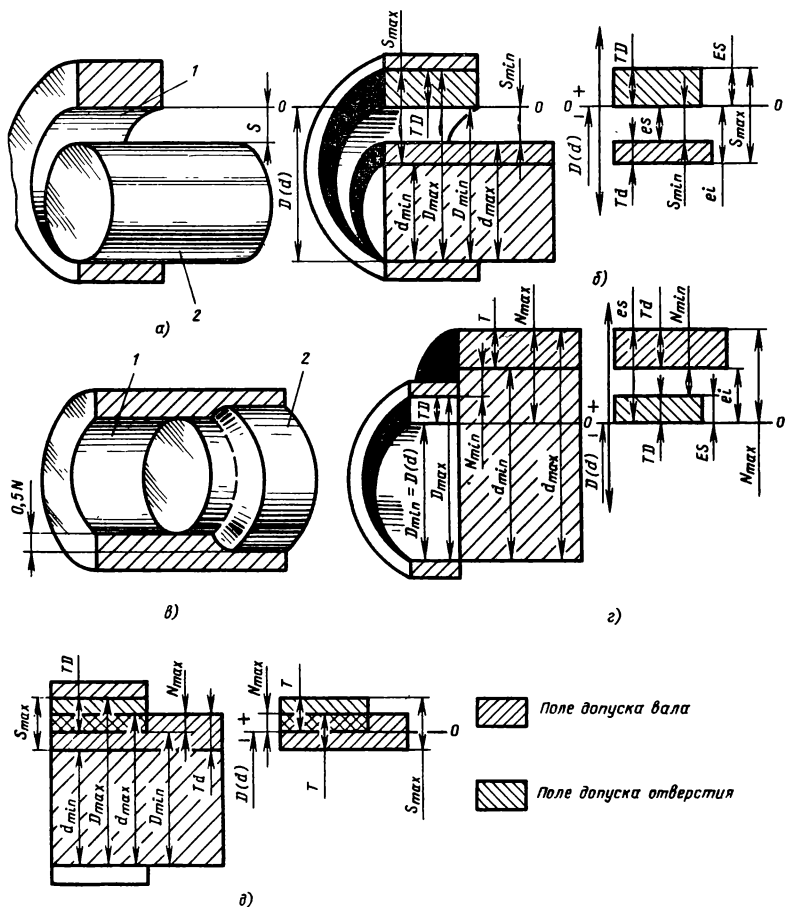


Рис. 4. Соединение вала 2 и отверстия 1 с зазором S (а) и с натягом N (в); поля допусков посадки с зазором (б), с натягом (г) и переходной посадки (д)

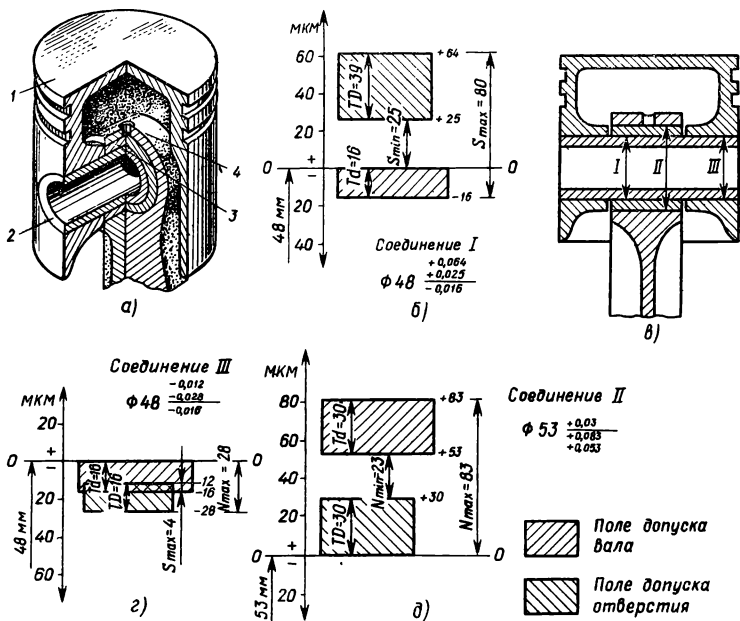


Рис. 5. Детали поршневой группы в сборе (а) и их сборочный чертеж (в), обозначения на чертеже соединения деталей и схема расположения полей допусков для посадки с зазором (б), переходной посадки (з) и посадки с натягом (д): 1 — поршень; 2 — поршневой палец; 3 — втулка верхней головки шатуна; 4 — шатун

стия расположено под полем допуска вала (рис. 4, з). По посадке с натягом выполнено соединение втулки с верхней головкой шатуна (соединение II, изображенное на рис. 5, в, д).

Переходная посадка — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (рис. 4, д). В этом случае поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью (соединение III, показанное на рис. 5, в, з).

Вследствие неизбежного колебания размеров вала и отверстия в пределах от наибольшего до наименьшего значений, возникает колебание зазоров и натягов при сборке деталей. Поэтому наибольшие и наименьшие зазоры и натяги рассчитывают по формулам, приведенным в табл. 3. Чем меньше колебание зазоров или натягов, тем выше точность посадки или точность соединения вала с отверстием.

Пример 1. Соединение поршневого пальца с поршнем и шатуном (рис. 5) осуществляется по трем видам посадок: с зазором (соединение I) с натягом (соединение II) и по переходной посадке (соединение III).

3. Предельные зазоры (натяги) посадок и допуск посадок

Наименование, условное обозначение и определение	Расчетные формулы
Наибольший зазор $S_{\max}$ — разность между наибольшим предельным размером отверстия $D_{\max}$ и наименьшим предельным размером вала $d_{\min}$, или алгебраическая разность между верхним отклонением отверстия ES и нижним отклонением вала ei	$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min},$ $S_{\max} = ES - ei$
Наименьший зазор $S_{\min}$ — разность между наименьшим предельным размером отверстия $D_{\min}$ и наибольшим предельным размером вала $d_{\max}$, или алгебраическая разность между нижним отклонением отверстия EI и верхним отклонением вала es	$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max},$ $S_{\min} = EI - es$
Допуск зазора (допуск посадки) TS — разность между наибольшим $S_{\max}$ и наименьшим $S_{\min}$ зазорами, или сумма допусков отверстия TD и вала Td	$TS = S_{\max} - S_{\min},$ $TS = TD + Td$
Наибольший натяг $N_{\max}$ — разность между наибольшим предельным размером вала $d_{\max}$ и наименьшим предельным размером отверстия $D_{\min}$, или алгебраическая разность между верхним отклонением вала es и нижним отклонением отверстия EI	$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min},$ $N_{\max} = es - EI$
Наименьший натяг $N_{\min}$ — разность между наименьшим предельным размером вала $d_{\min}$ и наибольшим предельным размером отверстия $D_{\max}$, или алгебраическая разность между нижним отклонением вала ei и верхним отклонением отверстия ES	$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max},$ $N_{\min} = ei - ES$
Допуск натяга TN (допуск посадки) — разность между наибольшим и наименьшим допустимыми натягами, или сумма допусков вала Td и отверстия TD	$TN = N_{\max} - N_{\min},$ $TN = TD + Td$
Средний зазор S_c — среднее арифметическое между наибольшим $S_{\max}$ и наименьшим $S_{\min}$ зазорами	$S_c = 0,5(S_{\max} + S_{\min})$
Средний натяг N_c — среднее арифметическое между наибольшим $N_{\max}$ и наименьшим $N_{\min}$ натягами Для переходной посадки	$N_c = 0,5(N_{\max} + N_{\min})$ $N_c = 0,5(N_{\max} - S_{\max})$ $N_{\min} = -S_{\max}$

Определить предельные размеры, допуски на изготовление деталей, предельные зазоры и натяги и допуски посадок.

Соединение I. Посадка с зазором $\varnothing 48 \begin{smallmatrix} +0,064 \\ +0,025 \\ -0,016 \end{smallmatrix}$ мм. Выписываем из чертежа размеры с отклонениями отверстия и вала: отверстие $\varnothing 48 \begin{smallmatrix} +0,064 \\ +0,025 \end{smallmatrix}$ мм, его верхнее отклонение $ES = +0,064$ мм, нижнее отклонение $EI = +0,025$ мм, номинальный размер $D = 48$ мм; вал $\varnothing 48 \begin{smallmatrix} -0,016 \end{smallmatrix}$ мм, его верхнее отклонение $es = 0$, нижнее отклонение $ei = -0,016$ мм, номинальный размер $d(D) = 48$ мм.

По формулам табл. 2 находим предельные размеры и допуск отверстия:

наибольший предельный размер

$$D_{\max} = D + ES = 48 + (+0,064) = 48,064 \text{ мм},$$

наименьший предельный размер

$$D_{\min} = D + EI = 48 + (+0,025) = 48,025 \text{ мм},$$

допуск отверстия

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 48,064 - 48,025 = 0,039 \text{ мм},$$

или

$$TD = ES - EI = +0,064 - (+0,025) = 0,039 \text{ мм};$$

предельные размеры и допуск вала:

наибольший предельный размер

$$d_{\max} = d + es = 48 + 0 = 48 \text{ мм},$$

наименьший предельный размер

$$d_{\min} = d + ei = 48 + (-0,016) = 47,984 \text{ мм},$$

допуск вала

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 48 - 47,984 = 0,016 \text{ мм},$$

или

$$Td = es - ei = 0 - (-0,016) = 0,016 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков (рис. 5,б) и определяем предельные зазоры и допуск посадки с зазором по формулам табл. 3: наибольший зазор

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 48,064 - 47,984 = 0,080 \text{ мм},$$

или

$$S_{\max} = ES - ei = +0,064 - (-0,016) = 0,080 \text{ мм};$$

наименьший зазор

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 48,025 - 48 = 0,025 \text{ мм},$$

или

$$S_{\min} = EI - es = +0,025 - 0 = 0,025 \text{ мм};$$

допуск посадки с зазором

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,080 - 0,025 = 0,055 \text{ мм},$$

или

$$TS = TD + Td = 0,039 + 0,016 = 0,055 \text{ мм}.$$

Соединение II. Посадка с натягом. Из чертежа имеем соединение

$$\varnothing 53 \begin{array}{c} +0,030 \\ +0,083 \\ +0,053 \end{array} \text{ мм: верхнее отклонение отверстия } ES = +0,030 \text{ мм},$$

нижнее отклонение отверстия $EI = 0$, верхнее отклонение вала $es = +0,083$ мм, нижнее отклонение вала $ei = +0,053$ мм.

Определяем допуск отверстия TD и допуск вала Td :

$$TD = ES - EI = +0,030 - (0) = 0,030 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = +0,083 - (+0,053) = 0,030 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков (рис. 5, д) и вычисляем предельные натяги и допуск посадки с натягом:

наибольший натяг

$$N_{\max} = es - EI = +0,083 - (0) = 0,083 \text{ мм};$$

наименьший натяг

$$N_{\min} = ei - ES = +0,053 - (+0,030) = 0,023 \text{ мм};$$

допуск посадки с натягом

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,083 - 0,023 = 0,06 \text{ мм}$$

или

$$TN = TD + Td = 0,03 + 0,03 = 0,06 \text{ мм}.$$

Соединение III. Переходная посадка. Соединение $\varnothing 48 \begin{array}{c} -0,012 \\ -0,028 \\ -0,016 \end{array} \text{ мм}.$

Верхнее и нижнее отклонения отверстия: $ES = -0,012$, $EI = -0,028$ мм.

Верхнее и нижнее отклонения вала: $es = 0$, $ei = -0,016$ мм.

Находим допуск отверстия и допуск вала:

$$TD = ES - EI = -0,012 - (-0,028) = 0,016 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = 0 - (-0,016) = 0,016 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков (рис. 5, з) и находим: наибольший зазор

$$S_{\max} = ES - ei = -0,012 - (-0,016) = 0,004 \text{ мм};$$

наименьший зазор

$$S_{\min} = EI - es = -0,028 - (0) = -0,028 \text{ мм}.$$

Это соответствует наибольшему натягу, так как зазор получился отрицательным. Следовательно, переходная посадка позволяет получить как зазор, так и натяг.

Допуск посадки

$$TS(TN) = TD + Td = 0,016 + 0,016 = 0,032 \text{ мм}.$$

СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

С 1980 года страны – члены СЭВ перешли на Единую систему допусков и посадок СЭВ, основанную на рекомендациях Международной организации по стандартизации (ИСО). В настоящее время большинство стран мира используют систему допусков и посадок ИСО.

Системой допусков и посадок называется совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Любая система допусков и посадок построена по единым отличительным признакам. Рассмотрим некоторые из них.

Степени точности. Градация значений допусков устанавливается в виде набора *степеней точности (кавалитетов)*, допуски которых при заданном номинальном размере образуют геометрическую прогрессию. Поэтому допуск соседнего менее точного квалитета равен известному допуску, умноженному на знаменатель геометрической прогрессии.

Интервалы номинальных размеров. Для сокращения объема таблиц весь диапазон размеров разбит на несколько интервалов, в каждом из которых принято постоянное значение допуска, вычисляемое по средним геометрическому (по ЕСКД) или арифметическому (по системе ОСТ) граничных размеров интервала. Такой допуск называется *допуском системы (стандартным допуском)*.

Поля допусков. Для получения посадок в системе допусков определены наборы полей допусков валов и отверстий, установлена величина допуска и расположение его относительно нулевой линии. Сочетанием полей допусков вала и отверстия устанавливают различные *посадки*.

Система отверстия и система вала. Различают посадки в системе отверстия и в системе вала. *Посадки в системе отверстия* – посадки, в которых зазоры и натяги получаются соединением различных по размеру валов с основным отверстием (рис. 6, а). В системе отверстия поле допуска основного отверстия расположено неизменно относительно нулевой линии так, что его нижнее отклонение EI равно нулю, а верхнее отклонение ES – допуску основного отверстия со знаком «плюс». Поля

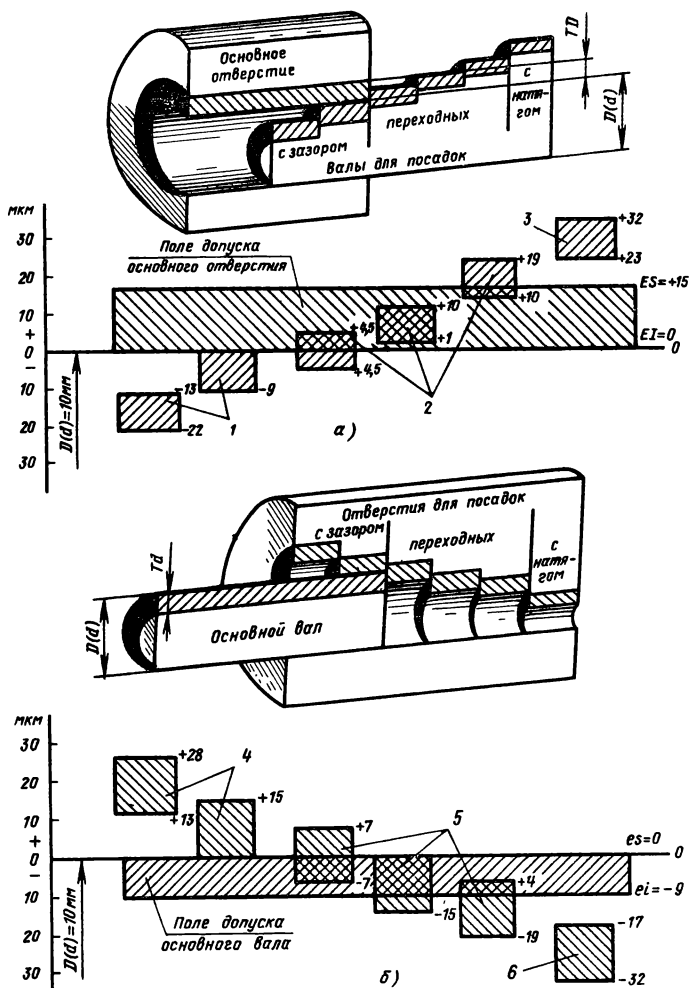


Рис. 6. Расположение полей допусков отверстий и валов в системе отверстия (а) и в системе вала (б); поля допусков валов в системе отверстия для посадок: 1 — с зазором; 2 — переходных; 3 — с натягом; поля допусков отверстий в системе вала для посадок: 4 — с зазором; 5 — переходных; 6 — с натягом

допусков валов для посадок с зазором расположены ниже нулевой линии, т. е. под полем допуска отверстия, а для посадок с натягом — выше поля допуска отверстия. Поля допусков валов для переходных посадок перекрывают поле допуска основного отверстия.

Посадки в системе вала — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных по размеру отверстий с основным валом. *Основной вал* (рис. 6, б) — вал, верхнее отклонение es которого равно нулю, а нижнее ei — допуску основного вала со знаком «минус». Поля допусков отверстий для посадок с зазором в системе вала располагаются выше нулевой линии, а для посадок с натягом — ниже поля допуска основного вала, т. е. ниже нулевой линии. Поля допусков отверстий для переходных посадок перекрывают поле допуска основного вала.

Система отверстия имеет преимущественное применение по сравнению с системой вала вследствие более простой технологии обработки деталей.

ЕДИНАЯ СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК (ЕСДП)

Стандарты ЕСДП распространяются на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей с номинальными размерами до 10 000 мм (табл. 1).

1. ГОСТы для гладких соединений

Стандарт	Наименование	Размеры, мм
ГОСТ 25346–82 (СТ СЭВ 145–75)	ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений	0–3150
ГОСТ 25347–82 (СТ СЭВ 144–75)	ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки	0–3150
ГОСТ 25348–82 (СТ СЭВ 177–75)	ЕСДП. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм	3150–10 000
ГОСТ 25670–83 (СТ СЭВ 302–76)	ОНВ. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками	0–10 000

КВАЛИТЕТЫ

Изделия, разные по назначению и условиям работы, изготавливают с неодинаковой точностью. Степени точности по ЕСДП называются *кавалитетами* (по системе ОСТ – классы точности).

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.

В ЕСДП установлено 19 квалитетов, обозначаемых порядковым номером: 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17. Наивысшей точности соответствует квалитет 01, а наименьшей – 17-й квалитет. Точность убывает от квалитета 01 к квалитету 17. Допуск квалитета условно обозначается латинскими прописными буквами *IT* и номером квалитета, например, *IT6* – допуск 6-го квалитета.

В дальнейшем под словом «допуск» понимается «допуск системы». Допуски в квалитетах 5–17 считают по формуле

$$ITq = ai, \quad (1)$$

где *q* – номер квалитета; *a* – безразмерный коэффициент, установленный для данного квалитета (табл. 2) и не зависящий от номинального размера (его называют числом единиц допуска); *i* – единица допуска (мкм) – множитель, зависящий от номинального размера

2. Число единиц допуска a для квалитетов 5–17

Квалитет q	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Число единиц допуска a	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

и подсчитываемый для размеров от 1 до 500 мм по формуле

$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D, \quad (2)$$

где D – среднее геометрическое граничных значений интервала номинальных размеров (табл. 3); его вычисляют по формуле

$$D = \sqrt{D_{\min} D_{\max}}, \quad (3)$$

где $D_{\min}$, $D_{\max}$ – наименьшее и наибольшее граничные значения интервала номинальных размеров, мм.

Промежуточные интервалы размеров, указанные в табл. 3, используют для валов и отверстий, предназначенных для образования посадок с большими зазорами и натягами.

При заданных квалитете и интервале номинальных размеров значение допуска постоянно для валов и отверстий (их полей допусков). Начиная с 5-го квалитета допуски при переходе к соседнему менее точному квалитету увеличиваются на 60 % (знаменатель геометрической прогрессии равен 1,6). Через каждые пять квалитетов допуски увеличиваются в 10 раз.

Интервалы номинальных размеров в диапазоне свыше 3 до 180 мм и свыше 500 до 10 000 мм в системах ОСТ и ЕСДП совпадают. В системе ОСТ до 3 мм установлены следующие интервалы размеров: до 0,01; свыше 0,01 до 0,03; свыше 0,03 до 0,06; свыше 0,06 до 0,1 (искл.); от 0,1 до 0,3; свыше 0,3 до 0,6; свыше 0,6 до 1 (искл.) и от 1 до 3 мм. Интервал свыше 180 до 260 мм разбит на промежуточные интервалы: свыше 180 до 220 и свыше 220 до 260 мм. Интервал свыше 260 до 360 мм разбит на промежуточные интервалы: свыше 260 до 310 и свыше 310 до 360 мм. Интервал свыше 360 до 500 мм также разбит на два промежуточных интервала: свыше 360 до 440 и свыше 440 до 500 мм.

Пример 1. Вычислить допуск вала (отверстия) 7-го квалитета, если номинальный его размер 45 мм.

Размер 45 мм согласно табл. 3 находится в интервале номинальных размеров свыше 30 до 50 мм. Наименьшее значение границы интервала $D_{\min} = 30$ мм, наибольшее – $D_{\max} = 50$ мм.

Средний геометрический размер

$$D = \sqrt{D_{\min} D_{\max}} = \sqrt{30 \cdot 50} = 38,7 \text{ мм.}$$

Определяем единицу допуска i по формуле (2)

$$i = 0,45\sqrt[3]{38,7} + 0,001 \cdot 38,7 = 1,56 \text{ мкм.}$$

3. Интервалы номинальных размеров, мм

Основные		Промежуточные		Основные		Промежуточные	
Св.	До	Св.	До	Св.	До	Св.	До
—	3	—	—	500	630	500 560	560 630
3	6	—	—	630	800	630 710	710 800
6	10	—	—	800	1000	800 900	900 1000
10	18	10 14	14 18	1000	1250	1000 1120	1120 1250
18	30	18 24	24 30	1250	1600	1250 1400	1400 1600
30	50	30 40	40 50	1600	2000	1600 1800	1800 2000
50	80	50 65	65 80	2000	2500	2000 2240	2240 2500
80	120	80 100	100 120	2500	3150	2500 2800	2800 3150
120	180	120 140 160	140 160 180	3150	4000	3150 3550	3550 4000
180	250	180 200 225	200 225 250	4000	5000	4000 4500	4500 5000
250	315	250 280	280 315	5000	6300	5000 5600	5600 6300
315	400	315 355	355 400	6300	8000	6300 7100	7100 8000
400	500	400 450	450 500	8000	10 000	8000 9000	9000 10 000

4. Допуски (мкм) качеств и классов точности (основные валы и отверстия)

Квали- тет (ЕСДП)	Класс точности (ОСТ)	Номинальные										
		Св. 0,3 до 0,6	Св. 0,6 до 1*	Св. 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180
4		3	3	3	4	4	5	6	7	8	10	12
	в—08 о—08	1,8	2									
5		4	4	4	5	6	8	9	11	13	15	18
	о—09	2,5	3									
	в—1	4	5									
6		6	6	6	8	9	11	13	16	19	22	25
	в—2	6	7			10	12	14	17	20	23	27
	о—1	4	5			9	11	13	15	18	21	24
7		10	10	10	12	15	18	21	25	30	35	40
	в—2а	10	12	9								
	о—2	6	7	10								
8		14	14	14	18	22	27	33	39	46	54	63
	о—2а	10	12									
	3	15	18	20	25	30	35	45	50	60	70	80
9		25	25	25	30	36	43	52	62	74	87	100

размеры, мм

Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
14	16	16	18	18	20	22	25	29	34	40	48	57
14	14	16	16	20	20	—	—	—	—	—	—	—
20	23	23	25	25	27	30	35	40	46	54	65	77
20	20	23	23	27	27							
20	20	22	22	25	25	30	35	40	45	50	55	60
29	32	32	36	36	40	44	50	56	66	78	92	110
30	30	35	35	40	40	45	50	55	60	65	75	85
27	27	30	30	35	35	45	50	55	60	65	75	85
46	52	52	57	57	63	70	80	90	105	125	150	175
47	47	54	54	62	62				100	110	120	130
45	45	50	50	60	60				100	110	120	130
72	81	81	89	89	97	110	125	140	165	195	230	280
73	73	84	84	95	95	110	120	130	150	170	190	210
90	90	100	100	120	120	140	150	170	200	220	250	280
115	130	130	140	140	155	175	200	230	260	310	370	440

Квали- тет (ЕСДП)	Класс точности (ОСТ)	Номинальные										
		Св. 0,3 до 0,6	Св. 0,6 до 1*	Св. 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180
10		40	40	40	48	58	70	84	100	120	140	160
	3а	25	30									
11		60	60	60	75	90	110	130	160	190	220	250
	4	40	45									
12		100	100	100	120	150	180	210	250	300	350	400
	5	60	70	120	160	200	240	280	340	400	460	530
13		140	140	140	180	220	270	330	390	460	540	630
14		250	250	250	300	360	430	520	620	740	870	1000
	7	140	160	250	300							
15		400	400	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600
	8	—	—									
16		600	600	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500
	9	—	—									
17		1000	1000	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
	10	—	—	—								

* Для системы ОСТ размер 1 мм исключается, так как входит в следующую

Примечание. Обозначение: в — вал, о — отверстие.

Продолжение табл. 4

размеры, мм

Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
185	210	210	230	230	250	280	320	360	420	500	600	700
185	185	215	215	250	250	280	300	350	400	450	500	550
290	320	320	360	360	400	440	500	560	660	780	920	1100
300	300	340	340	380	380	450	500	550	600	650	750	900
460	520	520	570	570	630	700	800	900	1050	1250	1500	1750
600	600	680	680	760	760	980	1000	1100	1200	1300	1500	1800
720	810	810	890	890	970	1100	1250	1400	1650	1950	2300	2800
1150	1300	1300	1400	1400	1550	1750	2000	2300	2600	3100	3700	4400
1150	1150	1350	1350	1550	1550	1800	2000	2200	2400	2600	3000	3500
1850	2100	2100	2300	2300	2500	2800	3200	3600	4200	5000	6000	7000
1900	1900	2200	2200	2500	2500	2800	3000	3500	4000	4500	5000	5500
2900	3200	3200	3600	3600	4000	4400	5000	5600	6600	7800	9200	11 000
2900	2900	3300	3300	3800	3800	4500	5000	5500	6000	6500	7000	8000
4600	5200	5200	5700	5700	6300	7000	8000	9000	10 500	12 500	15 000	17 500
4600	4600	5200	5200	6000	6000	7000	8000	9000	10 000	11 000	12 000	13 000

щий интервал.

По табл. 2 находим для 7-го квалитета $a = 16$.

Допуск вала (отверстия) вычисляем по формуле (1)

$$IT7 = ai = 16 \cdot 1,56 = 24,9 \approx 25 \text{ мкм.}$$

Сопоставляя полученный допуск с табл. 4 (для $D = 30 \div 50$ мм, 7-й квалитет), убеждаемся, что допуск рассчитан правильно.

На практике приходится переводить классы точности (ОСТ) в квалитеты (ЕСДП). Так как в системе ОСТ допуски подсчитывались по формулам, отличающимся от формул (2) и (3), то нет точного совпадения допусков по классам точности и квалитетам (это видно из табл. 4). Первоначально в системе ОСТ были установлены классы точности: 1; 2; 2а; 3; 3а; 4; 5; 7; 8 и 9. Позднее система ОСТ была дополнена более точными классами 09; 08; ... 02 и более грубыми: 10 и 11.

Пример 2. Согласно рис. 5 гл. 1 допуск вала составляет 16 мкм, а допуск отверстия 39 мкм. Пользуясь табл. 4, определить квалитет точности вала и отверстия и указать финишные операции механической обработки, обеспечивающие получение этих квалитетов.

Номинальный размер вала и отверстия равен 48 мм и находится в интервале размеров св. 30 до 50 мм (табл. 4).

Определяем квалитет точности вала. Для заданного допуска вала 16 мкм находим квалитет 6 (IT6).

Аналогично, при допуске отверстия 39 мкм находим квалитет 8 (IT8).

Сопоставляя найденные квалитеты с классами точности (ОСТ), находим, что вал соответствует 2-му классу точности, а отверстие – 2а классу точности.

Из табл. 5 находим, что возможным методом окончательной обработки вала 6-го квалитета является чистовое шлифование, а отверстия 8-го квалитета – протягивание, или чистовое растачивание, или развертывание развертками.

По табл. 4 можно решить и обратную задачу: по номинальному размеру и заданному квалитету найти допуск на изготовление.

5. Примеры возможных методов окончательной обработки деталей (для размеров до 150 мм) для получения заданных допусков квалитетов

Квалитет	Методы обработки
5 (вал) 6 (отверстие)	Суперфиниш (две операции), доводка, обтачивание и растачивание алмазными и эльборовыми резцами, тонкое (прецизионное) шлифование, хонингование (две операции), развертывание тремя развертками, пластическое прецизионное деформирование. Примеры: поршневой палец, детали плунжерных пар, подшипники скольжения, поверхности деталей, соединяемых с подшипниками качения 5-го и 4-го классов точности

Продолжение табл. 5

Квалитет	Методы обработки
6 (вал) 7 (отверстие)	Чистовое шлифование, тонкое обтачивание и растачивание, протягивание, чистовая притирка, обкатывание и раскатывание роликами или шариками, развертывание двумя развертками. Примеры: вкладыши подшипников скольжения, поверхности деталей, соединяемых с подшипниками качения 0-го и 6-го классов точности, поверхности валов для установки на них зубчатых колес
7 (вал) 8 (отверстие)	Шлифование, чистовое обтачивание и растачивание на токарных станках, развертывание, протягивание. Примеры: валы редукторов, отверстия в корпусах редукторов, центрирующие поверхности шлицевых деталей
8 и 9 (вал) 9 (отверстие)	Тонкое фрезерование, тонкое шабрение, круглое получистовое шлифование, тонкое строгание, нормальное обтачивание и растачивание, развертывание, холодная штамповка. Примеры: детали шпоночных и шлицевых соединений
10 (вал и отверстие)	Чистовое зенкерование, грубое шлифование, холодная штамповка, обтачивание и растачивание на токарно-револьверных станках и автоматах, точное литье под давлением. Примеры: пальцы и отверстия проушин, болты и отверстия для них

В системе ОСТ допуски валов 1, 2 и 2а классов точности установлены меньшими, чем для отверстий тех же классов точности. Это связано с трудностями обработки внутренних поверхностей по сравнению с наружными.

ОСНОВНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ. ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ

Основное отклонение — одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. Таким отклонением является ближайшее отклонение от нулевой линии. На рис. 1, а, в показаны поля допусков вала 1 и отверстия 2, расположенные выше и ниже нулевой линии. Для полей допусков вала (отверстия), расположенных выше нулевой линии, основным отклонением является нижнее отклонение вала e_i (отверстия E_i) со знаком «плюс», а для полей допусков, расположенных ниже нулевой линии, основное отклонение — верхнее отклонение вала e_s (отверстия E_s) со знаком «минус». От границы основного отклонения начинается поле допуска. Положение второй границы поля допуска (т. е.

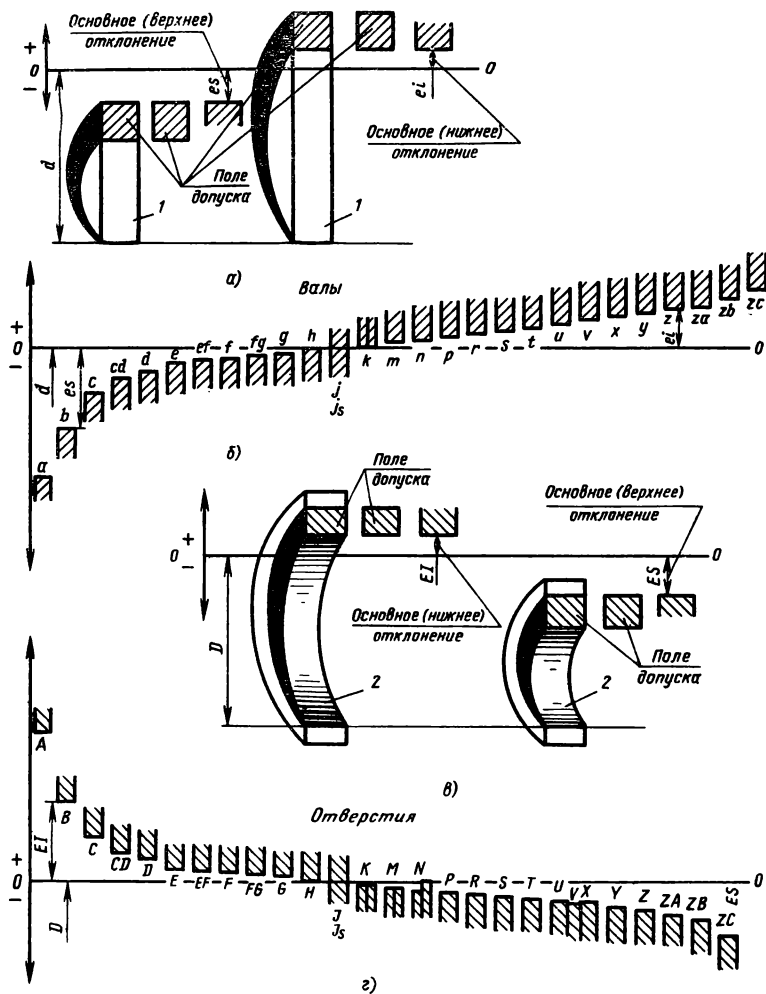


Рис. 1. Основные отклонения валов (а, б) и отверстий (в, г); $d(D)$ — номинальный размер вала (отверстия); 1 — вал; 2 — отверстие

второе предельное отклонение) определяется алгебраической суммой значения основного отклонения и допуска качества точности (см. табл. 4).

ГОСТ 25346—82 установлено для валов 28 основных отклонений и столько же основных отклонений для отверстий. Основные отклонения обозначают одной или двумя буквами латинского алфавита, вала — строчными буквами от a до zc (рис. 1, б), а отверстия — прописными буквами от A до ZC (рис. 1, з).

В системе отверстия основные отклонения валов от a до h предназначены для образования полей допусков валов в посадках с зазором, от $j(j_s)$ до n — в переходных посадках и от p до zc — в посадках с натягом.

Аналогично, в системе вала основные отклонения отверстий от A до G (они являются нижними отклонениями EI со знаком «плюс»), предназначены для образования полей допусков отверстий в посадках с зазором, основные отклонения отверстий от $J(J_s)$ до N предназначены для переходных посадок и от P до ZC — для посадок с натягом. Основные отклонения отверстий от M до ZC являются верхними отклонениями ES со знаком «минус». Основным вал обозначают буквой h (верхнее отклонение es равно нулю), а основное отверстие — буквой H (нижнее отклонение EI равно нулю). Буквами j_s и J_s обозначено симметричное расположение поля допуска относительно нулевой линии. В этом случае числовые значения верхнего и нижнего отклонений равны, но противоположны по знаку (верхнее отклонение со знаком «плюс», а нижнее со знаком «минус»):

$$es = +\frac{ITq}{2} ; ei = -\frac{ITq}{2} ; ES = +\frac{ITq}{2} ; EI = -\frac{ITq}{2}.$$

Основные отклонения вала и отверстия, обозначенные одноименной буквой (для данного номинального размера), равны по величине и противоположны по знаку; они увеличиваются с возрастанием номинального размера.

Для отверстий с основными отклонениями от A до G

$$EI = -es.$$

Для отверстий с основными отклонениями от K до ZC

$$ES = -ei.$$

Из этого правила сделано исключение для отверстий с основными отклонениями J , K , M и N с допусками по 3—8-му качеству и для отверстий от P до ZC с допусками по 3—7-му качеству (см. табл. 8 и 13; 11 и 16).

Образование полей допусков. Поле допуска образуется сочетанием основного отклонения (характеристика расположения) и качества (характеристика допуска). Поле допуска вала или отверстия обозначают после номинального размера буквой основного отклонения и номером качества (табл. 6). Например, 45 $e8$ означает вал диаметром 45 мм

8-го квалитета с основным отклонением e , т. е. вал посадки с зазором в системе отверстия.

Основное отклонение является одним из двух предельных отклонений. Второе предельное отклонение, зависящее от квалитета (допуска), определяется следующим образом. Если основное отклонение является верхним отклонением (es для вала и ES для отверстия), то второе предельное отклонение — нижнее отклонение вала ei или отверстия EI подсчитывают по формулам

$$\begin{aligned} ei &= es - ITq, \\ EI &= ES - ITq. \end{aligned} \quad (4)$$

В случае, когда основное отклонение является нижним отклонением вала ei (отверстия EI), то второе предельное отклонение — верхнее отклонение вала es (отверстия ES) — определяют по уравнениям

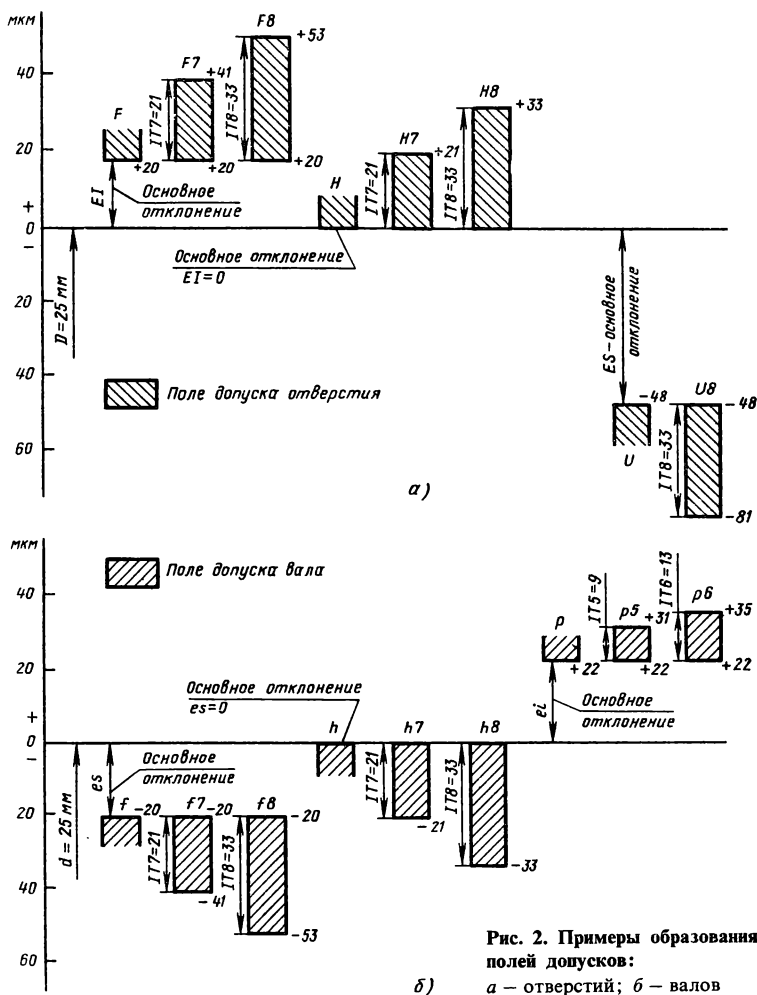
$$\begin{aligned} es &= ei + ITq, \\ ES &= EI + ITq. \end{aligned} \quad (5)$$

Пример 3. Из табл. 7 и 8 ГОСТ 25346–82 (СТ СЭВ 145–75) для номинального размера 25 мм взяты следующие основные отклонения для отверстий: F ($EI = +20$ мкм), H ($EI = 0$), U ($ES = -48$ мкм); основные отклонения для валов: f ($es = -20$ мкм), h ($es = 0$), p ($es = +22$ мкм).

По формулам (4) и (5) вычислить вторые предельные отклонения отверстий 7-го и 8-го квалитетов и валов от 5-го до 8-го квалитетов. Построить поля допусков отверстий и валов.

Из табл. 4 выписываем допуски для номинального размера 25 мм (св. 18 до 30 мм) 5–8-го квалитетов точности: $IT5 = 9$ мкм; $IT6 = 13$ мкм; $IT7 = 21$ мкм и $IT8 = 33$ мкм. Изображаем на рис. 2 основные отклонения F , H , U , f , h , p и от них откладываем значения допусков. Тогда вторые предельные отклонения отверстий и валов равны:

$$\begin{aligned} 25F7(EI = +20 \text{ мкм}), & \quad ES = EI + IT7 = +20 + 21 = +41 \text{ мкм}; \\ 25F8(EI = +20 \text{ мкм}), & \quad ES = EI + IT8 = +20 + 33 = +53 \text{ мкм}; \\ 25H7(EI = 0), & \quad ES = EI + IT7 = +21 \text{ мкм}; \\ 25H8(EI = 0), & \quad ES = EI + IT8 = +33 \text{ мкм}; \\ 25U8(ES = -48 \text{ мкм}), & \quad EI = ES - IT8 = -48 - 33 = -81 \text{ мкм}; \\ 25f7(es = -20 \text{ мкм}), & \quad ei = es - IT7 = -20 - 21 = -41 \text{ мкм}; \\ 25f8(es = -20 \text{ мкм}), & \quad ei = es - IT8 = -20 - 33 = -53 \text{ мкм}; \\ 25h7(es = 0), & \quad ei = es - IT7 = 0 - 21 = -21 \text{ мкм}; \\ 25h8(es = 0), & \quad ei = es - IT8 = 0 - 33 = -33 \text{ мкм}; \\ 25p5(ei = +22 \text{ мкм}), & \quad es = ei + IT6 = +22 + 9 = +31 \text{ мкм}; \\ 25p6(ei = +22 \text{ мкм}), & \quad es = ei + IT7 = +22 + 13 = +35 \text{ мкм}. \end{aligned}$$



Аналогично составлены таблицы верхних и нижних отклонений валов и отверстий, включенные в ГОСТы. В этом можно убедиться, сравнив полученные результаты решения примера 3 из табл. 7—15, представляющие собой выписки из таблиц ЕСДП.

Сочетание любых основных отклонений с каждым из квалитетов теоретически позволяет образовать более 1000 полей допусков валов и отверстий. Применение их всех в производственных условиях являет-

6. Поля допусков валов и отверстий в квалитетах от 4-го до 17-го для номинальных размеров от 1 до 3150 мм

Номинальный размер, мм	Система отверстия								Система вала						
	Поля допусков								Поля допусков						
	Основ- ное отвер- стие	Валы для образования посадок							Основ- ной вал	Отверстия для образования посадок					
		с зазором			переходных		с натягом			с зазором			переходных		с на- тягом
Номера таблиц	7	9		10	8		11		12	14		15	13		16
От 1 до 500	—	—	—	—	j_s4	$k4$	—	—	$h4$	—	—	—	J_s5	$M5$	$P6$
	$H5$	$g5$	$g4$	—	j_s5	$k5$	$p5$	$r5$	$h5$	$G5$	—	—	J_s6	$M6$	$P7$
	$H6$	$g6$	$f6$	—	j_s6	$k6$	$p6$	$r6$	$h6$	$G6$	—	—	J_s7	$M7$	$T7$
	$H7$	$e7$	$f7$	—	j_s7	$k7$	$s5$	$s6$	$h7$	$G7$	$F7$	—	J_s8	$M8$	$U8$
	$H8$	$e8$	$f8$	$c8$	$m4$	$n4$	$t6$	$s7$	$h8$	$D8$	$F8$	$A11$	$K5$	$N5$	$R7$
	$H9$	$e9$	$f9$	$c11$	$m5$	$n5$	$u7$	$u8$	$h9$	$D9$	$F9$	$C11$	$K6$	$N6$	$S7$
	$H10$	$d8$	$d10$	$b11$	$m6$	$n6$	$x8$	$z8$	$h10$	$D10$	$E8$	—	$K7$	$N7$	—
	$H11$	$d9$	$d11$	$a11$	$m7$	$n7$	—	—	$h11$	$D11$	$E9$	$B11$	$K8$	$N8$	—
	$H12$	—	—	$b12$	—	—	—	—	$h12$	—	—	$B12$	—	—	—
Св. 500 до 3150	$H6$	$g6$	$f6$	—	j_s6		$p6$	$p7^*$	$h6$	$G6$	$E7^*$	—	J_s6	$N6$	$P7$

Св. 500 до 3150

<i>H7</i>	<i>g7*</i>	<i>f7</i>		<i>j_s7</i>	<i>r6</i>	<i>r7*</i>	<i>h7</i>	<i>G7</i>	<i>F7</i>	—	<i>J_s7</i>	<i>N7</i>	<i>S7</i>
<i>H8</i>	<i>d8</i>	<i>f8</i>	—	<i>k6</i>	<i>s6</i>	<i>s7</i>	<i>h8</i>	<i>F8</i>	<i>E8</i>	—	<i>K6</i>	—	<i>R7</i>
<i>H9</i>	<i>d9</i>	<i>f9</i>	—	<i>k7</i>	<i>t6</i>	<i>t7*</i>	<i>h9</i>	<i>F9</i>	<i>E9</i>	—	<i>K7</i>	—	<i>T7</i>
<i>H10</i>	<i>d10</i>	<i>e7</i>	—	<i>m6</i>	<i>t8*</i>	<i>u6*</i>	<i>h10</i>	<i>D10</i>	<i>D9</i>	—	<i>M6</i>	—	<i>U8</i>
<i>H11</i>	<i>d11</i>	<i>cd11*</i>	<i>c11</i>	<i>n6</i>	<i>u7</i>	<i>u8</i>	<i>h11</i>	<i>D11</i>	<i>D8</i>	<i>CD11</i>	<i>M7</i>	—	—
<i>H12</i>	<i>e8</i>	<i>e9</i>	—	<i>n7</i>	<i>v7*</i>	<i>v8*</i>	<i>h12</i>	—	—	<i>C11</i>	—	—	—

Дополнительные поля допусков валов,
включенные в табл. 17Дополнительные поля допусков отверстий,
включенные в табл. 18

для посадок с зазором					пере- ход- ных		для посадок с натягом							для посадок с зазором						пере- ход- ных		для посадок с натягом			
<i>f4</i>	<i>e5</i>	<i>d6</i>	<i>g7</i>	<i>a9</i>	<i>j5</i>	<i>j6</i>	<i>p4</i>	<i>t5</i>	<i>u5</i>	<i>u6</i>	<i>v6</i>	<i>p7</i>	<i>r7</i>	<i>E6</i>	<i>E7</i>	<i>B9</i>	<i>C9</i>	<i>F5</i>	<i>D6</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>P5</i>	<i>R6</i>	<i>S6</i>	<i>T6</i>
<i>f5</i>	<i>e6</i>	<i>d7</i>	<i>b9</i>	<i>c9</i>	<i>j7</i>	—	<i>x7</i>	<i>z7</i>	<i>s8</i>	<i>t7</i>	<i>v7</i>	—	—	<i>E5</i>	<i>D7</i>	<i>A9</i>	<i>C8</i>	<i>F6</i>	<i>E10</i>	<i>J8</i>	<i>N9</i>	<i>U7</i>	<i>P8</i>	<i>R8</i>	<i>P9</i>
<i>fg4*</i>	<i>ef5*</i>	<i>fg5*</i>	<i>ef6*</i>	<i>fg6*</i>	—	—	<i>za8*</i>	—	<i>zb8*</i>	—	<i>zc8*</i>	—	—	<i>EF5*</i>	—	<i>FG5*</i>	—	<i>EF6*</i>	—	—	—	<i>Z8*</i>	—	—	—
<i>ef7*</i>	—	—	<i>ef8*</i>	<i>cd9*</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<i>FG6*</i>	—	<i>EF7*</i>	—	<i>EF8*</i>	<i>CD9*</i>	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. Обозначения предпочтительных полей допусков заключены в рамки.

2. При соединении основных валов от *h4*¹ до *h12* (см. табл. 12) с основными отверстиями от *H5* до *H12* (см. табл. 7) образуются посадки с наименьшим зазором, равным нулю.3. ГОСТ 25347—82 предусмотрены поля допусков валов от *j_s8* до *j_s17* и от *h13* до *h17* (см. табл. 12); поля допусков отверстий от *H13* до *H17* (см. табл. 7) и от *J_s9* до *J_s17*, как правило, не предназначены для посадок.

4. Таблицы предельных отклонений для полей допусков, отмеченных *, приведены в ГОСТ 25347—82.

7. Система отверстия. Верхние и нижние отклонения (мкм) основных отверстий

Система допусков	Поле допуска	Отклонение	Номинальные размеры								
			Менее 1 (Св. 0,6 до 1)*	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
ЕСДП	H5	ES+ EI=0	4 0	4 0	5 0	6 0	8 0	9 0	11 0	13 0	15 0
ОСТ	A ₀₉	в.о. + н.о. = 0	— —	4 0	5 0	6 0	8 0	9 0	11 0	13 0	15 0
ЕСДП	H6	ES+ EI=0	6 0	6 0	8 0	9 0	11 0	13 0	16 0	19 0	22 0
ОСТ	A ₁	в.о. + н.о. = 0	5 0	6 0	8 0	9 0	11 0	13 0	15 0	18 0	21 0
ЕСДП	H7	ES+ EI=0	10 0	10 0	12 0	15 0	18 0	21 0	25 0	30 0	35 0
ОСТ	A	в.о. + н.о. = 0	7 0	10 0	13 0	16 0	19 0	23 0	27 0	30 0	35 0
ЕСДП	H8	ES+ EI=0	14 0	14 0	18 0	22 0	27 0	33 0	39 0	46 0	54 0
ОСТ	A _{2a}	в.о. + н.о. = 0	12 0	14 0	18 0	22 0	27 0	33 0	39 0	46 0	54 0
ЕСДП	H9	ES+ EI=0	25 0	25 0	30 0	36 0	43 0	52 0	62 0	74 0	87 0
ОСТ	A ₃	в.о. + н.о. = 0	18 0	20 0	25 0	30 0	35 0	45 0	50 0	60 0	70 0
ЕСДП	H10	ES+ EI=0	40 0	40 0	48 0	58 0	70 0	84 0	100 0	120 0	140 0
ОСТ	A _{3a}	в.о. + н.о. = 0	30 0	40 0	48 0	58 0	70 0	84 0	100 0	120 0	140 0
ЕСДП	H11	ES+ EI=0	60 0	60 0	75 0	90 0	110 0	130 0	160 0	190 0	220 0

в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 3)

основных отверстий, мм

Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
18 0	20 0	23 0	23 0	25 0	25 0	27 0	30 0	35 0	40 0	46 0	54 0	65 0	77 0
18 0	20 0	20 0	23 0	23 0	27 0	27 0	—	—	—	—	—	—	—
25 0	29 0	32 0	32 0	36 0	36 0	40 0	44 0	50 0	56 0	66 0	78 0	92 0	110 0
24 0	27 0	27 0	30 0	30 0	35 0	35 0	—	—	—	—	—	—	—
40 0	46 0	52 0	52 0	57 0	57 0	63 0	70 0	80 0	90 0	105 0	125 0	150 0	175 0
40 0	45 0	45 0	50 0	50 0	60 0	60 0	70 0	80 0	90 0	100 0	110 0	120 0	130 0
63 0	72 0	81 0	81 0	89 0	89 0	97 0	110 0	125 0	140 0	165 0	195 0	230 0	280 0
63 0	73 0	73 0	84 0	84 0	95 0	95 0	110 0	120 0	130 0	150 0	170 0	190 0	210 0
100 0	115 0	130 0	130 0	140 0	140 0	155 0	175 0	200 0	230 0	260 0	310 0	370 0	440 0
80 0	90 0	90 0	100 0	100 0	120 0	120 0	140 0	150 0	170 0	200 0	220 0	250 0	280 0
160 0	185 0	210 0	210 0	230 0	230 0	250 0	280 0	320 0	360 0	420 0	500 0	600 0	700 0
160 0	185 0	185 0	215 0	215 0	250 0	250 0	280 0	300 0	350 0	400 0	450 0	500 0	550 0
250 0	290 0	320 0	320 0	360 0	360 0	400 0	440 0	500 0	560 0	660 0	780 0	920 0	1100 0

Система допусков	Поле допуска	Отклонение	Номинальные размеры								
			Менее 1 (Св. 0,6 до 1)*	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
ОСТ	A ₄	в.о. + н.о. = 0	45 0	60 0	80 0	100 0	120 0	140 0	170 0	200 0	230 0
ЕСДП	H12	ES+ EI=0	100 0	100 0	120 0	150 0	180 0	210 0	250 0	300 0	350 0
ЕСДП	H13	ES+ EI=0	140 0	140 0	180 0	220 0	270 0	330 0	390 0	460 0	540 0
ОСТ	A ₅	в.о. + н.о. = 0	70 0	120 0	160 0	200 0	240 0	280 0	340 0	400 0	460 0
ЕСДП	H14	ES+ EI=0	—	250 0	300 0	360 0	430 0	520 0	620 0	740 0	870 0
ОСТ	A ₇	в.о. + н.о. = 0	—	250 0	300 0	360 0	430 0	520 0	620 0	740 0	870 0
ЕСДП	H15	ES+ EI=0	—	400 0	480 0	580 0	700 0	840 0	1000 0	1200 0	1400 0
ОСТ	A ₈	в.о. + н.о. = 0	—	400 0	480 0	580 0	700 0	840 0	1000 0	1200 0	1400 0
ЕСДП	H16	ES+ EI=0	—	600 0	750 0	900 0	1100 0	1300 0	1600 0	1900 0	2200 0
ОСТ	A ₉	в.о. + н.о. = 0	—	600 0	750 0	900 0	1100 0	1300 0	1600 0	1900 0	2200 0
ЕСДП	H17	ES+ EI=0	—	1000 0	1200 0	1500 0	1800 0	2100 0	2500 0	3000 0	3500 0

* Для системы ОСТ.

Продолжение табл. 7

основных отверстий, мм													
Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
260 0	300 0	300 0	340 0	340 0	380 0	380 0	450 0	500 0	550 0	600 0	650 0	750 0	900 0
400 0	460 0	520 0	520 0	570 0	570 0	630 0	700 0	800 0	900 0	1050 0	1250 0	1500 0	1750 0
630 0	720 0	810 0	810 0	890 0	890 0	970 0	1100 0	1250 0	1400 0	1650 0	1950 0	2300 0	2800 0
530 0	600 0	600 0	680 0	680 0	760 0	760 0	900 0	1000 0	1100 0	1200 0	1300 0	1500 0	1800 0
1000 0	1150 0	1300 0	1300 0	1400 0	1400 0	1550 0	1750 0	2000 0	2300 0	2600 0	3100 0	3700 0	4400 0
1000 0	1150 0	1150 0	1350 0	1350 0	1550 0	1550 0	1800 0	2000 0	2200 0	2400 0	2600 0	3000 0	3500 0
1600 0	1850 0	2100 0	2100 0	2300 0	2300 0	2500 0	2800 0	3200 0	3600 0	4200 0	5000 0	6000 0	7000 0
1600 0	1900 0	1900 0	2200 0	2200 0	2500 0	2500 0	2800 0	3000 0	3500 0	4000 0	4500 0	5000 0	5500 0
2500 0	2900 0	3200 0	3200 0	3600 0	3600 0	4000 0	4400 0	5000 0	5600 0	6600 0	7800 0	9200 0	11 000 0
2500 0	2900 0	2900 0	3300 0	3300 0	3800 0	3800 0	4500 0	5000 0	5500 0	6000 0	6500 0	7000 0	8000 0
4000 0	4600 0	5200 0	5200 0	5700 0	5700 0	6300 0	7000 0	8000 0	9000 0	10 500 0	12 500 0	15 000 0	17 500 0

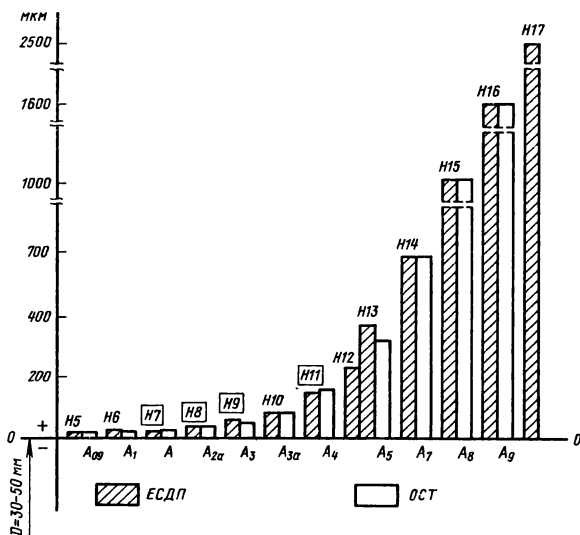


Рис. 3. Поля допусков основных отверстий

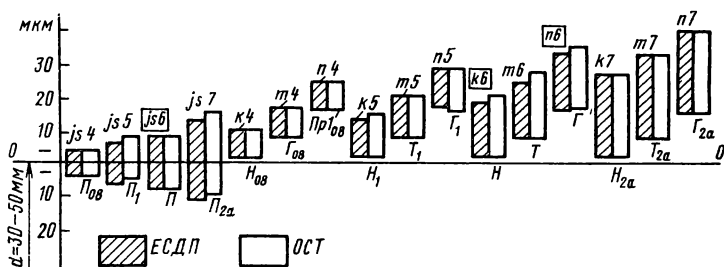


Рис. 4. Поля допусков валов переходных посадок

ся неэкономичным, так как чрезмерно затрудняет унификацию режущего инструмента и калибров. Поэтому произведен ограничительный отбор полей допусков для четырех диапазонов номинальных размеров: до 1 мм, от 1 до 500 мм, свыше 500 до 3150 мм и свыше 3150 до 10 000 мм. Поля допусков, рекомендуемые для применения, приведены в табл. 6. Для размеров от 1 до 500 мм выделены *поля допусков предпочтительного первоочередного применения*, которые в табл. 6 заключены в рамки. В табл. 7–16 в сопоставлении с системой ОСТ приведены верхние и нижние отклонения валов и отверстий, указанных в табл. 6. В отдельных технически обоснованных случаях ЕСДП допускает применение дополнительных полей допусков валов и отверстий, верхние и нижние отклонения которых даны в табл. 17 и 18.

Отличительные особенности системы ОСТ. В системе ОСТ степени точности называются классами точности. Для номинальных размеров от 1 до 500 мм было установлено десять классов точности. Единица допуска $i_{\text{ост}}$ подсчитывалась по формуле $i_{\text{ост}} = 0,5\sqrt[3]{d}$; $d = \frac{d_{\text{min}} + d_{\text{max}}}{2}$ — среднее арифметическое граничных значений интерва-

лов размеров. Поля допусков валов и отверстий условно обозначались буквами по смысловому наименованию посадок с цифровым индексом класса точности. Например, Ш₄ означает вал (или отверстие) широкоходовой посадки 4-го класса точности; Г₁ — вал (отверстие) 1-го класса точности глухой посадки; Х₃ — вал (отверстие) 3-го класса точности ходовой посадки. Основное отверстие обозначают буквой А, а основной вал — буквой В. Во 2-ом классе точности, как наиболее распространенном, индекс класса точности 2 опускают. Например, А — основное отверстие 2-го класса точности; С — вал (отверстие) 2-го класса точности скользящей посадки.

Поля допусков валов и отверстий одного и того же класса точности обозначают одинаково; перед обозначением поля допуска указывают, что оно относится к валу или отверстию.

В системе ОСТ предусмотрены следующие поля допусков для образования посадок:

с зазором

скользящая С ₁ , С, С _{2а} , С ₃ , С _{3а} , С ₄ , С ₅ ;	легкоходовая Л, Л ₄ ;
движения Д ₁ , Д;	широкоходовая Ш, Ш ₃ , Ш ₄ ;
ходовая Х ₁ , Х, Х _{2а} , Х ₃ , Х ₄ , Х ₅ ;	тепловая ходовая ТХ;

с натягом

прессовая 3-я Пр ₃ ;	горячая Гр;
прессовая 2-я Пр ₂ ; Пр _{2а} ; Пр ₂ ;	прессовая Пр;
прессовая 1-я Пр ₁ ; Пр _{1а} ; Пр ₁ ;	легкопрессовая Пл;

переходных

глухая Г ₁ , Г, Г _{2а} ;	тугая Т ₁ , Т, Т _{2а} ;
напряженная Н ₁ , Н, Н _{2а} ;	плотная П ₁ , П, П _{2а} .

8. Система отверстия. Переходные посадки. Верхние и нижние отклонения (мкм)

Система допусков	Поле допуска вала	Отклонение	Номинальные размеры									
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120		
ЕСДП	j_s4	$es +$ $ei -$	1,5 1,5	2 2	2 2	2,5 2,5	3 3	3,5 3,5	4 4	5 5		
ОСТ	П ₀₈	в.о. + н.о. -	1,5 1,5	2 2	2 2	2,5 2,5	3 3	3,5 3,5	4 4	5 5		
ЕСДП	j_s5	$es +$ $ei -$	2 2	2,5 2,5	3 3	4 4	4,5 4,5	5,5 5,5	6,5 6,5	7,5 7,5		
ОСТ	П ₁	в.о. + н.о. -	2 2	3 2	4 3	5 3	6 3	7 4	8 5	9 6		
ЕСДП	j_s6	$es +$ $ei -$	3 3	4 4	4,5 4,5	5,5 5,5	6,5 6,5	8 8	9,5 9,5	11 11		
ОСТ	П	в.о. + н.о. -	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	10 10	12 12		
ЕСДП	j_s7	$es +$ $ei -$	5 5	6 6	7 7	9 9	10 10	12 12	15 15	17 17		
ОСТ	П _{2a}	в.о. + н.о. -	7 2	9 3	10 5	12 6	13 8	15 10	18 12	20 15		
ЕСДП	$k4$	$es +$ $ei +$	3 0	5 1	5 1	6 1	8 2	9 2	10 2	13 3		
ОСТ	H ₀₈	в.о. + н.о. +	3 0	5 1	5 1	6 1	8 2	9 2	10 2	13 3		
ЕСДП	$m4$	$es +$ $ei +$	5 2	8 4	10 6	12 7	14 8	16 9	19 11	23 13		
ОСТ	F ₀₈	в.о. + н.о. +	5 2	8 4	10 6	12 7	14 8	16 9	19 11	23 13		
ЕСДП	$n4$	$es +$ $ei +$	7 4	12 8	14 10	17 12	21 15	24 17	28 20	33 23		
ОСТ	Pr1 ₀₈	в.о. + н.о. +	7 4	12 8	14 10	17 12	21 15	24 17	28 20	33 23		
ЕСДП	$k5$	$es +$ $ei +$	4 0	6 1	7 1	9 1	11 2	13 2	15 2	18 3		
ОСТ	H ₁	в.о. + н.о. +	5 1	6 1	8 2	10 2	12 2	14 2	16 3	19 3		

ОСНОВНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ. ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ 45

валов в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 4)

вала, мм

Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
6 6	7 7	8 8	8 8	9 9	9 9	10 10	11 11	12,5 12,5	14,5 14,5	17 17	20 20	24 24	28,5 28,5
6 6	7 7	7 7	8 8	8 8	10 10	10 10	—	—	—	—	—	—	—
9 9	10 10	11,5 11,5	11,5 11,5	12,5 12,5	12,5 12,5	13,5 13,5	15 15	17,5 17,5	20 20	23 23	27 27	32,5 32,5	38,5 38,5
10 7	11 8	11 8	13 9	13 9	15 10	15 10	—	—	—	—	—	—	—
12,5 12,5	14,5 14,5	16 16	16 16	18 18	18 18	20 20	22 22	25 25	28 28	33 33	39 39	46 46	55 55
14 14	16 16	16 16	18 18	18 18	20 20	20 20	23 22	25 25	28 27	30 30	33 32	38 37	43 42
20 20	23 23	26 26	26 26	28 28	28 28	31 31	35 35	40 40	45 45	52 52	62 62	75 75	87 87
22 18	24 23	24 23	27 27	27 27	31 31	31 31	35 35	40 40	45 45	50 50	55 55	60 60	65 65
15 3	18 4	20 4	20 4	22 4	22 4	25 5	—	—	—	—	—	—	—
15 3	18 4	18 4	20 4	20 4	25 5	25 5	—	—	—	—	—	—	—
27 15	31 17	36 20	36 20	39 21	39 21	43 23	—	—	—	—	—	—	—
27 15	31 17	31 17	36 20	36 20	43 23	43 23	—	—	—	—	—	—	—
39 27	45 31	50 34	50 34	55 37	55 37	60 40	—	—	—	—	—	—	—
39 27	45 31	45 31	50 34	50 34	60 40	60 40	—	—	—	—	—	—	—
21 3	24 4	27 4	27 4	29 4	29 4	32 5	—	—	—	—	—	—	—
22 4	25 4	25 4	28 4	28 4	32 5	32 5	—	—	—	—	—	—	—

Система допусков	Поле допуска вала	Отклонение	Номинальные размеры								
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	
ЕСДП	<i>m5</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	6 2	9 4	12 6	15 7	17 8	20 9	24 11	28 13	
ОСТ	<i>T</i> ₁	в.о. + н.о. +	8 4	10 5	12 6	15 7	17 8	20 9	24 10	28 12	
ЕСДП	<i>n5</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	8 4	13 8	16 10	20 12	24 15	28 17	33 20	38 23	
ОСТ	<i>Г</i> ₁	в.о. + н.о. +	10 6	13 8	16 9	20 11	24 13	28 16	33 19	38 23	
ЕСДП	<i>k6</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	6 0	9 1	10 1	12 1	15 2	18 2	21 2	25 3	
ОСТ	<i>H</i>	в.о. + н.о. +	7 1	9 1	12 2	14 2	17 2	20 3	23 3	26 3	
ЕСДП	<i>m6</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	8 2	12 4	15 6	18 7	21 8	25 9	30 11	35 13	
ОСТ	<i>T</i>	в.о. + н.о. +	10 4	13 5	16 6	19 7	23 8	27 9	30 10	35 12	
ЕСДП	<i>n6</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	10 4	16 8	19 10	23 12	28 15	33 17	39 20	45 23	
ОСТ	<i>Г</i>	в.о. + н.о. +	13 6	16 8	20 10	24 12	30 15	35 18	40 20	45 23	
ЕСДП	<i>k7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	10 0	13 1	16 1	19 1	23 2	27 2	32 2	38 3	
ОСТ	<i>H</i> _{2a}	в.о. + н.о. +	10 1	13 1	16 1	19 1	23 2	27 2	32 2	38 3	
ЕСДП	<i>m7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	—	16 4	21 6	25 7	29 8	34 9	41 11	48 13	
ОСТ	<i>T</i> _{2a}	в.о. + н.о. +	—	16 4	21 6	25 7	29 8	34 9	41 11	48 13	
ЕСДП	<i>n7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	14 4	20 8	25 10	30 12	36 15	42 17	50 20	58 23	
ОСТ	<i>Г</i> _{2a}	в.о. + н.о. +	15 6	20 8	25 10	30 12	36 15	42 17	50 20	58 23	

Примечание. Верхнее *es* и нижнее *ei* отклонения валов *j₃8*; *j₃9*; *j₃10*;

по значению допуска *ITq* по следующим формулам: $es = + \frac{ITq}{2}$; $ei = - \frac{ITq}{2}$.

Продолжение табл. 8

вала, мм													
Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
33 15	37 17	43 20	43 20	46 21	46 21	50 23	—	—	—	—	—	—	—
32 14	36 16	36 16	40 18	40 18	45 20	45 20	—	—	—	—	—	—	—
45 27	51 31	57 34	57 34	62 37	62 37	67 40	—	—	—	—	—	—	—
45 26	52 30	52 30	58 35	58 35	65 40	65 40	—	—	—	—	—	—	—
28 3	33 4	36 4	36 4	40 4	40 4	45 5	44 0	50 0	56 0	66 0	78 0	92 0	110 0
30 4	35 4	35 4	40 4	40 4	45 5	45 5	45 0	50 0	55 0	60 0	65 0	75 0	85 0
40 15	46 17	52 20	52 20	57 21	57 21	63 23	70 26	80 30	90 34	106 40	126 48	150 58	178 68
40 13	45 15	45 15	50 15	50 15	60 20	60 20	70 25	80 30	90 35	100 40	110 45	120 45	130 45
52 27	60 31	66 34	66 34	73 37	73 37	80 40	88 44	100 50	112 56	132 66	156 78	184 92	220 110
52 25	60 30	60 30	70 35	70 35	80 40	80 40	93 48	105 55	118 63	130 70	143 78	158 83	173 88
43 3	50 4	56 4	56 4	61 4	61 4	68 5	70 0	80 0	90 0	105 0	125 0	150 0	175 0
43 3	51 4	51 4	58 4	58 4	67 5	67 5	70 0	80 0	90 0	100 0	110 0	120 0	130 0
55 15	63 17	72 20	72 20	78 21	78 21	86 23	—	—	—	—	—	—	—
55 15	64 17	64 17	74 20	74 20	85 23	85 23	—	—	—	—	—	—	—
67 27	77 31	86 34	86 34	94 37	94 37	103 40	114 44	130 50	146 56	171 66	203 78	242 92	285 110
67 27	78 31	78 31	90 36	90 36	102 40	102 40	145 75	160 80	175 85	200 100	225 115	250 130	275 145

$j_{s11} \dots j_{s16}$ и j_{s17} в табл. 8 не приведены, так как они могут быть определены

где ITq — значение допуска заданного качества q согласно табл. 4.

9. Система отверстия. Посадки с зазором. Верхние и нижние отклонения (мкм)

Система допусков	Поле допуска вала	Отклонение	Номинальные размеры							
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
ЕСДП	<i>g4</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	2 5	4 8	5 9	6 11	7 13	9 16	10 18	12 22
ОСТ	<i>D</i> ₀₈	в.о. — н.о. —	2 5	4 8	5 9	6 11	7 13	9 16	10 18	12 22
ЕСДП	<i>g5</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	2 6	4 9	5 11	6 14	7 16	9 20	10 23	12 27
ОСТ	<i>D</i> ₁	в.о. — н.о. —	3 8	4 9	5 11	6 14	7 16	9 20	10 23	12 27
ЕСДП	<i>f6</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	6 12	10 18	13 22	16 27	20 33	25 41	30 49	36 58
ОСТ	<i>H</i> ₁	в.о. — н.о. —	6 12	10 18	13 22	16 27	20 33	25 41	30 49	36 58
ЕСДП	<i>g6</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	2 8	4 12	5 14	6 17	7 20	9 25	10 29	12 34
ОСТ	<i>D</i>	в.о. — н.о. —	3 9	4 12	5 15	6 18	8 22	10 27	12 32	15 38
ЕСДП	<i>f7</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	6 16	10 22	13 28	16 34	20 41	25 50	30 60	36 71
ОСТ	<i>H</i>	в.о. — н.о. —	8 18	10 22	13 27	16 33	20 40	25 50	30 60	40 75
ЕСДП	<i>e8</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	14 28	20 38	25 47	32 59	40 73	50 89	60 106	72 126
ОСТ	<i>L</i>	в.о. — н.о. —	12 25	17 35	23 45	30 55	40 70	50 85	65 105	80 125
ЕСДП	<i>d8</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	20 34	30 48	40 62	50 77	65 98	80 119	100 146	120 174

валов в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 5)

валов, мм

Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
14 26	15 29	17 33	17 33	18 36	18 36	20 40	—	—	—	—	—	—	—
14 26	15 29	15 29	17 33	17 33	20 40	20 40	—	—	—	—	—	—	—
14 32	15 35	17 40	17 40	18 43	18 43	20 47	—	—	—	—	—	—	—
14 32	16 36	16 36	18 40	18 40	20 45	20 45	—	—	—	—	—	—	—
43 68	50 79	56 88	56 88	62 98	62 98	68 108	76 120	80 130	86 142	98 164	110 188	120 212	130 240
43 68	50 79	50 79	56 88	56 88	68 108	68 108	—	—	—	—	—	—	—
14 39	15 44	17 49	17 49	18 54	18 54	20 60	22 66	24 74	26 82	28 94	30 108	32 124	34 144
18 45	22 52	22 52	26 60	26 60	30 70	30 70	35 80	40 90	45 100	50 110	55 120	60 135	70 155
43 83	50 96	56 108	56 108	62 119	62 119	68 131	76 146	80 160	86 176	98 203	110 235	120 270	130 305
50 90	60 105	60 105	70 125	70 125	80 140	80 140	—	—	—	—	—	—	—
85 148	100 172	110 191	110 191	125 214	125 214	135 232	145 255	160 285	170 310	195 360	220 415	240 470	260 540
100 155	120 180	120 180	140 210	140 210	170 245	170 245	—	—	—	—	—	—	—
145 208	170 242	190 271	190 271	210 299	210 299	230 327	260 370	290 415	320 460	350 515	390 585	430 660	480 760

Система допусков	Поле допуска вала	Отклонение	Номинальные размеры							
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
ОСТ	Ш	в.о. — н.о. —	18 35	25 45	35 60	45 75	60 95	75 115	95 145	120 175
ЕСДП	<i>f8</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	6 20	10 28	13 35	16 43	20 53	25 64	30 76	36 90
ОСТ	X_{2a}	в.о. — н.о. —	6 20	10 28	13 35	16 43	20 53	25 64	30 76	36 90
ЕСДП	<i>f9</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	6 31	10 40	13 49	16 59	20 72	25 87	30 104	36 123
ОСТ	X_3	в.о. — н.о. —	7 32	11 44	15 55	20 70	25 85	32 100	40 120	50 140
ЕСДП	<i>e9</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	14 39	20 50	25 61	32 75	40 92	50 112	60 134	72 159
ЕСДП	<i>d9</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	20 45	30 60	40 76	50 93	65 117	80 142	100 174	120 207
ОСТ	$Ш_3$	в.о. — н.о. —	17 50	25 65	35 85	45 105	60 130	75 160	95 195	120 235
ЕСДП	<i>d10</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	20 60	30 78	40 98	50 120	65 149	80 180	100 220	120 260
ЕСДП	<i>d11</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	20 80	30 105	40 130	50 160	65 195	80 240	100 290	120 340
ОСТ	X_4	в.о. — н.о. —	30 90	40 120	50 150	60 180	70 210	80 250	100 300	120 350
ЕСДП	<i>e7</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	14 24	20 32	25 40	32 50	40 61	50 75	60 90	72 107

валов, мм													
Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
150 210	180 250	180 250	210 290	210 290	250 340	250 340	—	—	—	—	—	—	—
43 106	50 122	56 137	56 137	62 151	62 151	68 165	76 186	80 205	86 226	98 263	110 305	120 350	130 410
43 106	50 122	50 122	56 137	56 137	68 165	68 165	100 170	110 190	120 210	130 230	150 260	170 290	190 320
43 143	50 165	56 186	56 186	62 202	62 202	68 223	76 251	80 280	86 316	98 358	110 420	120 490	130 570
60 165	75 195	75 195	90 225	90 225	105 255	105 255	120 260	130 280	150 320	170 370	190 410	210 460	230 510
85 185	100 215	110 240	110 240	125 265	125 265	135 290	145 320	160 360	170 400	195 455	220 530	240 610	260 700
145 245	170 285	190 320	190 320	210 350	210 350	230 385	260 435	290 490	320 550	350 610	390 700	430 800	480 920
150 285	180 330	180 330	210 380	210 380	250 440	250 440	280 420	300 450	350 520	400 600	450 670	500 750	550 830
145 305	170 355	190 400	190 400	210 440	210 440	230 480	260 540	290 610	320 680	350 770	390 890	430 1030	480 1180
145 395	170 460	190 510	190 510	210 570	210 570	230 630	260 700	290 790	320 880	350 1010	390 1170	430 1350	480 1580
130 400	150 450	150 450	170 500	170 500	190 570	190 570	230 680	250 750	280 830	300 900	330 980	380 1130	450 1350
85 125	100 146	110 162	110 162	125 182	125 182	135 198	145 215	160 240	170 260	195 300	220 345	240 390	260 435

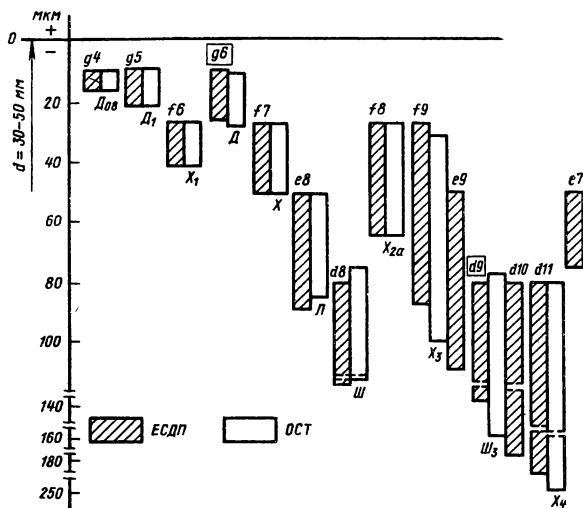


Рис. 5. Поля допусков валов посадок с зазором

В системе ОСТ посадки для номинальных размеров от 1 до 500 мм были нормированы следующими стандартами ОСТ (ОСТ НКМ) в системе отверстия: 1011, 1012, 1016 (посадки с зазором и переходные 1–2_а класса точности); 1013, 1014, 1015, 1017 (с зазором 3–5 класса точности); 1016, 1041–1044, 1069 (с натягом); а также в системе вала: 1021–1027 (с зазором и переходные); 1026, 1142, 1143 (с натягом).

Пример 4. Найти верхнее es и нижнее ei отклонения вала, поле допуска которого обозначено $15j_8/10$.

Из табл. 4 для 10-го квалитета выписываем значение допуска $IT10 = 70$ мкм.

Согласно примечанию к табл. 8 определяем верхнее es и нижнее ei отклонения вала $15j_8/10$:

$$es = +IT10/2 = +70/2 = +35 \text{ мкм};$$

$$ei = -IT10/2 = -70/2 = -35 \text{ мкм}.$$

Пример 5. Определить предельные отклонения отверстия 100 $J_8/12$. Для номинального размера, равного 100 мм, из табл. 4 выписываем значение допуска $IT12 = 350$ мкм и согласно примечанию к табл. 13 вычисляем верхнее ES и нижнее EI отклонения:

$$ES = +IT12/2 = +350/2 = +175 \text{ мкм};$$

$$EI = -IT12/2 = -350/2 = -175 \text{ мкм}.$$

Пример 6. Найти в справочнике таблицы с верхними и нижними отклонениями полей допусков $k6$, $F7$, $v6$ и $U8$.

Строчными буквами латинского алфавита обозначают валы, следо-

вательно, $k6$ и $b6$ являются валами 6-го качества. Обращаемся к рис. 1 и табл. 6. Из рис. 1, б следует, что поле допуска $k6$ с основным отклонением k образует переходную посадку, а поле допуска $b6$ — посадку с натягом. Находим в табл. 6 поле допуска $k6$ среди полей допусков валов переходных посадок и номер таблицы с их предельными отклонениями (см. табл. 8), из которой выписываем верхние и нижние отклонения с их знаками. Аналогично находим таблицу с предельными отклонениями вала $b6$ посадки с натягом (см. табл. 17). Прописные буквы латинского алфавита обозначают отверстия, а поэтому поля допусков $F7$ и $U8$ являются полями допусков отверстий, предназначенных для образования посадок соответственно с зазором и натягом. По табл. 6 находим номера таблиц с верхними и нижними отклонениями этих отверстий. Такими таблицами будут табл. 14 и 16.

Пример 7. На чертеже обозначены отверстия $\varnothing 50H7$, $300G7$ и $10J_8$ мм и валы $\varnothing 150f8$, $25r6$ и $1000h8$ мм. Найти по таблицам справочника предельные отклонения отверстий и валов и указать их на чертеже.

Отверстие $\varnothing 50H7$ является основным. Согласно табл. 6 верхние и нижние отклонения его следует искать в табл. 7. Номинальный размер 50 мм лежит в интервале размеров свыше 30 до 50 мм. Пересечение его с горизонтальной графой поля допуска $H7$ дает $ES = +25$ и $EI = 0$ (в мкм). На чертеже размеры указывают только в миллиметрах, поэтому $ES = +0,025$ мм. Следовательно, размер отверстия должен быть указан: $\varnothing 50H7 (+0,025)$ мм. На чертеже нижнее отклонение $EI = 0$ не указывается.

Для справки: ближайшим полем допуска рассматриваемого отверстия в системе ОСТ является отверстие $\varnothing 50A$ или $50A(+0,027)$ мм.

Аналогично находим предельные отклонения отверстий: $\varnothing 300G7$ (см. табл. 14), $ES = +69$ мкм, $EI = +17$ мкм [обозначение на чертеже $\varnothing 300G7(+0,069)$ мм]; $\varnothing 10J_8$ (см. табл. 13), $ES = +11$ мкм, $EI = -11$ мкм [$10J_8(\pm 0,011)$ мм].

Предельные отклонения валов: $\varnothing 150f8$ (см. табл. 9), $es = -43$ мкм, $ei = -106$ мкм [обозначение на чертеже $\varnothing 150f8(-0,043)$ мм]; $\varnothing 25r6$ мм (см. табл. 11), $es = +41$ мкм, $ei = +28$ мкм [$\varnothing 25r6(+0,041)$ мм]; $\varnothing 1000h8$ (см. табл. 12), $es = 0$, $ei = -140$ мкм [$\varnothing 1000h8(-0,14)$ мм].

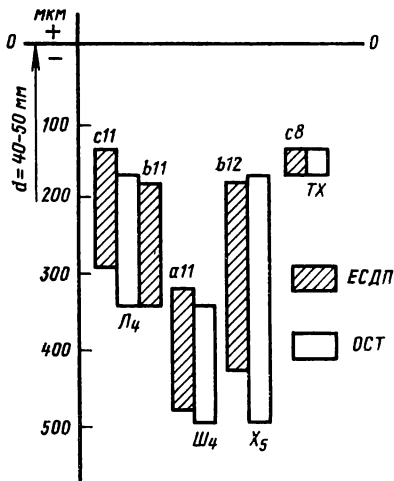


Рис. 6. Поля допусков валов посадок с большими зазорами

10. Система отверстий. Посадки с большими зазорами. Верхние и нижние

Сис- тема допус- ков	Поле до- пуска вала	Откло- нение	Номи									
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100
ЕСДП	<i>c11</i>	<i>es— ei—</i>	60 120	70 145	80 170	95 205	110 240	120 280	130 290	140 330	150 340	170 390
ОСТ	<i>Л₄</i>	в.о.— н.о.—	60 120	80 160	100 200	120 240	140 280	170 340	170 340	200 400	200 400	230 460
ЕСДП	<i>b11</i>	<i>es— ei—</i>	140 200	140 215	150 240	150 260	160 290	170 330	180 340	190 380	200 390	220 440
ЕСДП	<i>a11</i>	<i>es— ei—</i>	270 330	270 345	280 370	290 400	300 430	310 470	320 480	340 530	360 550	380 600
ОСТ	<i>Ш₄</i>	в.о.— н.о.—	120 180	160 240	200 300	240 360	280 420	340 500	340 500	400 600	400 600	460 700
ЕСДП	<i>b12</i>	<i>es— ei—</i>	140 240	140 260	150 300	150 330	160 370	170 420	180 430	190 490	200 500	220 570
ОСТ	<i>Х₅</i>	в.о.— н.о.—	60 180	80 240	100 300	120 360	140 420	170 500	170 500	200 600	200 600	230 700
ЕСДП	<i>c8</i>	<i>es— ei—</i>	60 74	70 88	80 102	95 122	110 143	120 159	130 169	140 186	150 196	170 224
ОСТ	<i>ТХ*</i>	в.о.— н.о.—	60 74	70 88	80 102	95 122	110 143	120 159	130 169	140 186	150 196	170 224

* Интервалы размеров для посадки ТХ: 180—220; 220—260; 260—310;

отклонения (мкм) валов в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 6)

нальные размеры валов, мм

Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 225 *	Св. 225 * до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 280	Св. 280 до 315 *	Св. 315 * до 355	Св. 355 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 450 *	Св. 450 * до 500
180 400	200 450	210 460	230 480	240 530	260 550	280 570	300 620	300 620	330 650	360 720	400 760	400 760	440 840	480 880
230 460	260 530	260 530	260 530	300 600	300 600	300 600	300 600	340 680	340 680	340 680	340 680	380 760	380 760	380 760
240 460	260 510	280 530	310 560	340 630	380 670	420 710	480 800	480 800	540 860	600 960	680 1040	680 1040	760 1160	840 1240
410 630	460 710	520 770	580 830	660 950	740 1030	820 1110	920 1240	920 1240	1050 1370	1200 1560	1350 1710	1350 1710	1500 1900	1650 2050
460 700	530 800	530 800	530 800	600 900	600 900	600 900	600 900	680 1000	680 1000	680 1000	680 1000	760 1100	760 1100	760 1100
240 590	260 660	280 680	310 710	340 800	380 840	420 880	480 1000	480 1000	540 1060	600 1170	680 1250	680 1250	760 1390	840 1470
230 700	260 800	260 800	260 800	300 900	300 900	300 900	300 900	340 1000	340 1000	340 1000	340 1000	380 1100	380 1100	380 1100
180 234	200 263	210 273	230 293	240 312	260 332	280 352	300 381	300 381	330 411	360 449	400 489	400 489	440 537	480 577
180 234	200 263	210 273	230 293	260 332	260 332	290 362	290 362	330 411	330 411	360 441	360 441	410 507	410 507	480 577

11. Система отверстия. Посадки с натягом. Верхние и нижние отклонения (мкм) валов в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 7)

Сис- тема до- пусков	Поле допуска вала	Откло- нение	Номинальный размер вала, мм																	
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 14	Св. 14 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 150	Св. 150 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200
ЕСДП	p5	es + ei +	10 6	17 12	21 15	26 18	26 18	31 22	31 22	37 26	37 26	45 32	45 32	52 37	52 37	61 43	61 43	61 43	61 43	70 50
ЕСДП	r5	es + ei +	14 10	20 15	25 19	31 23	31 23	37 28	37 28	45 34	45 34	54 41	56 43	66 51	69 54	81 63	83 65	83 65	86 68	97 77
ОСТ	Пр1 ₁	в.о. + н.о. +	17 12	20 15	25 19	31 23	31 23	37 28	37 28	45 34	45 34	54 41	56 43	66 51	69 54	81 63	83 65	83 65	86 68	—
ЕСДП	s5	es + ei +	18 14	24 19	29 23	36 28	36 28	44 35	44 35	54 43	54 43	66 53	72 59	86 71	94 79	110 92	118 100	118 100	126 108	142 122
ОСТ	Пр2 ₁	в.о. + н.о. +	20 15	24 19	29 23	36 28	36 28	44 35	44 35	54 43	54 43	66 53	72 59	86 71	94 79	110 92	118 100	118 100	126 108	—
ЕСДП	p6	es + ei +	12 6	20 12	24 15	29 18	29 18	35 22	35 22	42 26	42 26	51 32	51 32	59 37	59 37	68 43	68 43	68 43	68 43	79 50
ЕСДП	r6	es + ei +	16 10	23 15	28 19	34 23	34 23	41 28	41 28	50 34	50 34	60 41	62 43	73 51	76 54	88 63	90 65	90 65	93 68	106 77
ОСТ	Пл	в.о. + н.о. +	16 10	21 13	26 16	32 20	32 20	39 25	39 25	47 30	47 30	55 35	55 35	70 45	70 45	85 58	85 58	85 58	85 58	105 75

Система допусков	Поле допуска вала	Отклонение	Номинальный размер вала, мм																	
			Св. 200 до 220	Св. 220 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 280	Св. 280 до 315 *	Св. 315 * до 355	Св. 355 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 440	Св. 440 до 450	Св. 450 до 500	Св. 500 до 560	Св. 560 до 630	Св. 630 до 710	Св. 710 до 800	Св. 800 до 900	Св. 900 до 1000
ЕСДП	p5	es + ei +	70 50	70 50	70 50	79 56	79 56	79 56	87 62	87 62	87 62	95 68	95 68	95 68	— —	— —	— —	— —	— —	— —
ЕСДП	r5	es + ei +	100 80	100 80	104 84	117 94	117 94	121 98	133 108	139 114	139 114	153 126	153 126	159 132	— —	— —	— —	— —	— —	— —
ОСТ	Пр1 ₁	в.о. + н.о. +	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЕСДП	s5	es + ei +	150 130	150 130	160 140	181 158	181 158	193 170	215 190	233 208	233 208	259 232	259 232	279 252	— —	— —	— —	— —	— —	— —
ОСТ	Пр2 ₁	в.о. + н.о. +	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЕСДП	p6	es + ei +	79 50	79 50	79 50	88 56	88 56	88 56	98 62	98 62	98 62	108 68	108 68	108 68	122 78	122 78	138 88	138 88	156 100	156 100
ЕСДП	r6	es + ei +	109 80	109 80	113 84	126 94	126 94	130 98	144 108	150 114	150 114	166 126	166 126	172 132	194 150	199 155	225 175	235 185	266 210	276 220
ОСТ	Пл	в.о. + н.о. +	105 75	105 75	105 75	105 75	135 100	135 100	135 100	135 100	170 130	170 130	170 130	170 130	215 170	215 170	270 220	270 220	340 285	340 285

Сис- тема до- пусков	Поле допуска вала	Откло- нение	Номинальный размер вала, мм																	
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 14	Св. 14 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 150	Св. 150 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200
ЕСДП	s6	$es +$ $ei +$	20 14	27 19	32 23	39 28	39 28	48 35	48 35	59 43	59 43	72 53	78 59	93 71	101 79	117 92	125 100	125 100	133 108	151 122
ОСТ	Пр	в.о. + н.о. +	18 12	23 15	28 18	34 22	34 22	42 28	42 28	52 35	52 35	65 45	65 45	85 60	95 70	110 80	110 80	125 95	125 95	145 115
ЕСДП	<i>16</i>	$es +$ $ei +$	—	—	—	—	—	—	54 41	64 48	70 54	85 66	94 75	113 91	126 104	147 122	159 134	159 134	171 146	195 166
ЕСДП	<i>s7</i>	$es +$ $ei +$	24 14	31 19	38 23	46 28	46 28	56 35	56 35	68 43	68 43	83 53	89 59	106 71	114 79	132 92	140 100	140 100	148 108	168 122
ОСТ	Пр12a	в.о. + н.о. +	24 15	31 19	38 23	46 28	46 28	56 35	56 35	68 43	68 43	83 53	89 59	106 71	114 79	132 92	140 100	140 100	148 108	168 122
ЕСДП	<i>u7</i>	$es +$ $ei +$	28 18	35 23	43 28	51 33	51 33	62 41	69 48	85 60	95 70	117 87	132 102	159 124	179 144	210 170	230 190	230 190	250 210	282 236

Система допусков	Поле допуска вала	Отклонение	Номинальный размер вала, мм																	
			Св. 200 до 220	Св. 220 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 280	Св. 280 до 315 *	Св. 315 * до 355	Св. 355 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 440	Св. 440 до 450	Св. 450 до 500	Св. 500 до 560	Св. 560 до 630	Св. 630 до 710	Св. 710 до 800	Св. 800 до 900	Св. 900 до 1000
ЕСДП		$es +$ $ei +$	159 130	159 130	169 140	190 158	190 158	202 170	226 190	244 208	244 208	272 232	272 232	292 252	324 280	354 310	390 340	430 380	486 430	526 470
ОСТ	Пр	в.о. + н.о. +	145 115	165 135	165 135	165 135	195 160	195 160	220 185	220 185	260 220	260 220	300 260	300 260	345 300	375 330	420 370	470 420	525 470	585 530
ЕСДП	<i>16</i>	$es +$ $ei +$	209 180	209 180	225 196	250 218	250 218	272 240	304 268	330 294	330 294	370 330	370 330	400 360	444 400	494 450	550 500	610 560	676 620	736 680
ЕСДП	<i>s7</i>	$es +$ $ei +$	176 130	176 130	186 140	210 158	210 158	222 170	247 190	265 208	265 208	295 232	295 232	315 252	350 280	380 310	420 340	460 380	520 430	560 470
ОСТ	Пр12а	в.о. + н.о. +	168 122	186 140	186 140	186 140	222 170	222 170	242 190	242 190	283 220	283 220	315 252	315 252	—	—	—	—	—	—
ЕСДП	<i>u7</i>	$es +$ $ei +$	304 258	304 258	330 284	367 315	367 315	402 350	447 390	492 435	492 435	553 490	553 490	603 540	670 600	730 660	820 740	920 840	1030 940	1140 1050

Сис- тема до- пусков	Поле допуска вала	Откло- нение	Номинальный размер вала, мм																	
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 14	Св. 14 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 150	Св. 150 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200
ОСТ	Гр	в.о. + н.о. +	27 17	33 20	39 23	48 29	48 29	62 39	62 39	77 50	87 60	105 75	120 90	140 105	160 125	190 150	190 150	220 180	220 180	260 215
ЕСДП	и8	es + ei +	32 18	41 23	50 28	60 33	60 33	74 41	81 48	99 60	109 70	133 87	148 102	178 124	198 144	233 170	253 190	253 190	273 210	308 236
ОСТ	Пр2 ₃	в.о. + н.о. +	—	—	70 40	80 45	80 45	100 55	100 55	115 65	125 75	150 90	165 105	195 125	210 240	245 165	245 165	275 195	275 195	325 235
ЕСДП	х8	es + ei +	34 20	46 28	56 34	67 40	72 45	87 54	97 64	119 80	136 97	168 122	192 146	232 178	264 210	311 248	343 280	343 280	373 310	422 350
ЕСДП	z8	es + ei +	40 26	53 35	64 42	77 50	87 60	106 73	121 88	151 112	175 136	218 172	256 210	312 258	364 310	428 365	478 415	478 415	528 465	592 520
ОСТ	Пр3 ₃	в.о. + н.о. +	—	—	100 70	115 80	115 80	145 100	145 100	165 115	175 125	210 150	225 165	260 190	280 210	325 245	325 245	355 275	355 275	410 320

Система допусков	Поле допуска вала	Отклонение	Номинальный размер вала, мм																	
			Св. 200 до 220	Св. 220 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 280	Св. 280 до 315 *	Св. 315 * до 355	Св. 355 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 440	Св. 440 до 450	Св. 450 до 500	Св. 500 до 560	Св. 560 до 630	Св. 630 до 710	Св. 710 до 800	Св. 800 до 900	Св. 900 до 1000
ОСТ	Гр	в.о. + н.о. +	260 215	300 255	300 255	300 255	350 300	350 300	400 350	400 350	475 415	475 415	545 485	545 485	—	—	—	—	—	—
ЕСДП	и8	es + ei +	330 258	330 258	356 284	396 315	396 315	431 350	479 390	524 435	524 435	587 490	587 490	637 540	710 600	770 660	865 740	965 840	1080 940	1190 1050
ОСТ	Пр2 ₃	в.о. + н.о. +	325 235	365 275	365 275	365 275	420 320	420 320	470 370	470 370	550 430	550 430	620 500	620 500	800 660	880 740	980 830	1070 920	1210 1040	1320 1150
ЕСДП	х8	es + ei +	457 385	457 385	497 425	556 475	556 475	606 525	679 590	749 660	749 660	837 740	837 740	917 820	—	—	—	—	—	—
ЕСДП	z8	es + ei +	647 575	647 575	712 640	791 710	791 710	871 790	989 900	1089 1000	1089 1000	1197 1100	1197 1100	1347 1250	—	—	—	—	—	—
ОСТ	Пр3 ₃	в.о. + н.о. +	410 320	450 360	450 360	450 360	515 415	515 415	565 465	565 465	670 550	670 550	740 620	740 620	—	—	—	—	—	—

Примечание. Для полей допусков валов Пр, Гр, Пр1_{2а}, Пр2₃ и Пр3₃ интервалы размеров принимать 260—310 и 310—360 мм.

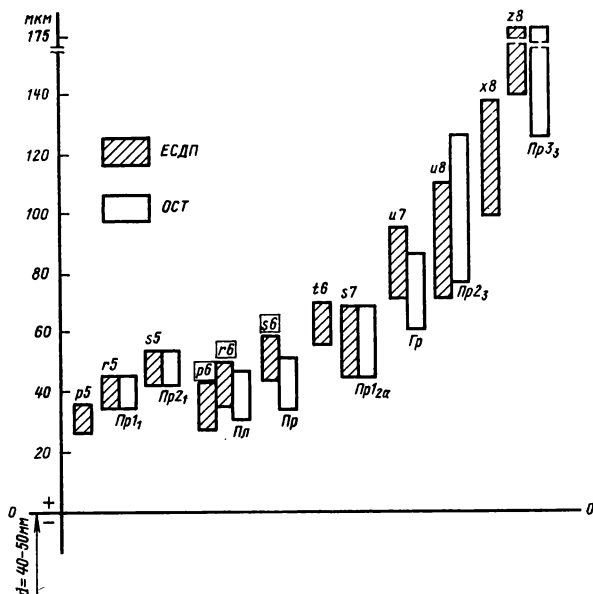


Рис. 7. Поля допусков валов посадок с натягом

Пример 8. На чертеже указаны номинальные размеры и предельные отклонения отверстий диаметром $53^{+0,03}_{-0,016}$, $48^{+0,064}_{+0,025}$; валов диаметром $48_{-0,016}$ и $53^{+0,083}_{+0,053}$ мм. Найти и обозначить поля допусков (основные отклонения и квалитеты) заданных отверстий и валов.

Отверстие диаметром $53^{+0,03}$ мм является основным, поэтому его основное отклонение, обозначаемое H , численно равно нижнему отклонению $EI = 0$. По табл. 6 находим, что поля допусков основных отверстий с предельными отклонениями содержатся в табл. 7. По интервалу диаметров свыше 50 до 80 мм находим отклонения $ES = +30$ мкм и $EI = 0$ и поле допуска $H7$. На чертеже указываем $\varnothing 53H7^{(+0,03)}$ мм.

Отверстие $\varnothing 48^{+0,064}_{+0,025}$ мм имеет основное (ближайшее к нулевой линии) отклонение со знаком плюс, т. е. $EI = +25$ мкм. Согласно рис. 1,2 это отклонение может быть обозначено буквами от A до G , оно предназначено для образования посадок с зазором в системе вала. Согласно табл. 6 поля допусков отверстий для посадок с зазором с предельными отклонениями даны в табл. 14. При $ES = +64$ мкм и $EI = +25$ мм находим поле допуска $\varnothing 48F8$ или $\varnothing 48F8(\pm 0,064)$ мм.

Вал $\varnothing 48_{-0,016}$ является основным валом, так как его основное отклонение $es = 0$, оно обозначается буквой h . Из табл. 12 находим $es = 0$, $ei = -16$ мкм, что соответствует полю допуска $\varnothing 48h6$ мм или $\varnothing 48h6(-0,016)$.

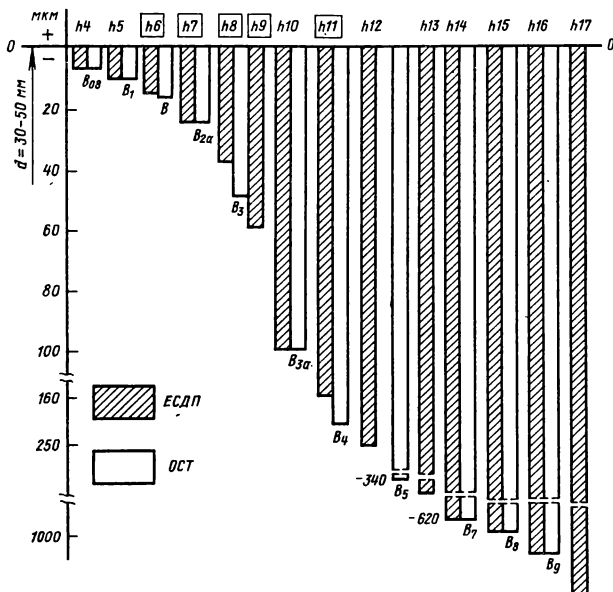


Рис. 8. Поля допусков основных валов

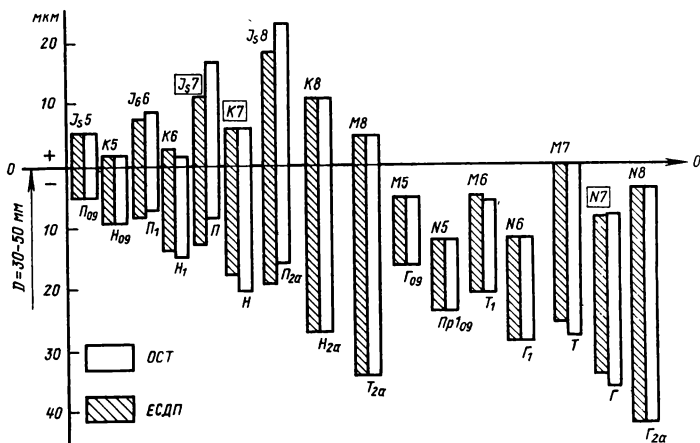


Рис. 9. Поля допусков отверстий переходных посадок

12. Система вала. Верхние и нижние отклонения (мкм) основных валов

Система допусков	Поле допуска	Отклонение	Номинальные размеры основных									
			Менее 1 (0,6 до 1*)	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180
		$es = 0$ $ei -$	0 3	0 3	0 4	0 4	0 5	0 6	0 7	0 8	0 10	0 12
ОСТ	B_{08}	в. о. = 0 н. о. —	—	0 3	0 4	0 4	0 5	0 6	0 7	0 8	0 10	0 12
ЕСДП	$h5$	$es = 0$ $ei -$	0 4	0 4	0 5	0 6	0 8	0 9	0 11	0 13	0 15	0 18
ОСТ	B_1	в. о. = 0 н. о. —	0 5	0 4	0 5	0 6	0 8	0 9	0 11	0 13	0 15	0 18
ЕСДП	$h6$	$es = 0$ $ei -$	0 6	0 6	0 8	0 9	0 11	0 13	0 16	0 19	0 22	0 25
ОСТ	B	в. о. = 0 н. о. —	0 7	0 6	0 8	0 10	0 12	0 14	0 17	0 20	0 23	0 27
ЕСДП	$h7$	$es = 0$ $ei -$	0 10	0 10	0 12	0 15	0 18	0 21	0 25	0 30	0 35	0 40
ОСТ	B_{2a}	в. о. = 0 н. о. —	0 12	0 9	0 12	0 15	0 18	0 21	0 25	0 30	0 35	0 40
ЕСДП	$h8$	$es = 0$ $ei -$	0 14	0 14	0 18	0 22	0 27	0 33	0 39	0 46	0 54	0 63
ОСТ	B_3	в. о. = 0 н. о. —	0 18	0 20	0 25	0 30	0 35	0 45	0 50	0 60	0 70	0 80
ЕСДП	$h9$	$es = 0$ $ei -$	0 25	0 25	0 30	0 36	0 43	0 52	0 62	0 74	0 87	0 100
ЕСДП	$h10$	$es = 0$ $ei -$	0 40	0 40	0 48	0 58	0 70	0 84	0 100	0 120	0 140	0 160
ОСТ	B_{3a}	в. о. = 0 н. о. —	0 30	0 40	0 48	0 58	0 70	0 84	0 100	0 120	0 140	0 160

в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 8)

валов, мм

Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
0 14	0 16	0 16	0 18	0 18	0 20	0 22	0 25	0 29	0 34	0 40	0 48	0 57
0 14	0 14	0 16	0 16	0 20	0 20	—	—	—	—	—	—	—
0 20	0 23	0 23	0 25	0 25	0 27	0 30	0 35	0 40	0 46	0 54	0 65	0 77
0 20	0 20	0 22	0 22	0 25	0 25	—	—	—	—	—	—	—
0 29	0 32	0 32	0 36	0 36	0 40	0 44	0 50	0 56	0 66	0 78	0 92	0 110
0 30	0 30	0 35	0 35	0 40	0 40	0 45	0 50	0 55	0 60	0 65	0 75	0 85
0 46	0 52	0 52	0 57	0 57	0 63	0 70	0 80	0 90	0 105	0 125	0 150	0 175
0 47	0 47	0 54	0 54	0 62	0 62	0 70	0 80	0 90	0 100	0 110	0 120	0 130
0 72	0 81	0 81	0 89	0 89	0 97	0 110	0 125	0 140	0 165	0 195	0 230	0 280
0 90	0 90	0 100	0 100	0 120	0 120	0 140	0 150	0 170	0 200	0 220	0 250	0 280
0 115	0 130	0 130	0 140	0 140	0 155	0 175	0 200	0 230	0 260	0 310	0 370	0 440
0 185	0 210	0 210	0 230	0 230	0 250	0 280	0 320	0 360	0 420	0 500	0 600	0 700
0 185	0 185	0 215	0 215	0 250	0 250	0 280	0 300	0 350	0 400	0 450	0 500	0 550

Система допусков	Поле допуска	Отклонение	Номиналь									
			Менее 1 (0,6 до 1*)	От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180
ЕСДП	$h11$	$es = 0$ $ei -$	0 60	0 60	0 75	0 90	0 110	0 130	0 160	0 190	0 220	0 250
ОСТ	B_4	в. о. = 0 н. о. —	0 45	0 60	0 80	0 100	0 120	0 140	0 170	0 200	0 230	0 260
ЕСДП	$h12$	$es = 0$ $ei -$	0 100	0 100	0 120	0 150	0 180	0 210	0 250	0 300	0 350	0 400
ОСТ	B_5	в. о. = 0 н. о. —	0 70	0 120	0 160	0 200	0 240	0 280	0 340	0 400	0 460	0 530
ЕСДП	$h13$	$es = 0$ $ei -$	0 140	0 140	0 180	0 220	0 270	0 330	0 390	0 460	0 540	0 630
ЕСДП	$h14$	$es = 0$ $ei -$	—	0 250	0 300	0 360	0 430	0 520	0 620	0 740	0 870	0 1000
ОСТ	B_7	в. о. = 0 н. о. —	—	0 250	0 300	0 360	0 430	0 520	0 620	0 740	0 870	0 1000
ЕСДП	$h15$	$es = 0$ $ei -$	—	0 400	0 480	0 580	0 700	0 840	0 1000	0 1200	0 1400	0 1600
ОСТ	B_8	в. о. = 0 н. о. —	—	0 400	0 480	0 580	0 700	0 840	0 1000	0 1200	0 1400	0 1600
ЕСДП	$h16$	$es = 0$ $ei -$	—	0 600	0 750	0 900	0 1100	0 1300	0 1600	0 1900	0 2200	0 2500
ОСТ	B_9	в. о. = 0 н. о. —	—	0 600	0 750	0 900	0 1100	0 1300	0 1600	0 1900	0 2200	0 2500
ЕСДП	$h17$	$es = 0$ $ei -$	—	0 1000	0 1200	0 1500	0 1800	0 2100	0 2500	0 3000	0 3500	0 4000

* Для системы ОСТ.

Продолжение табл. 12

ные размеры основных валов, мм

Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
0 290	0 320	0 320	0 360	0 360	0 400	0 440	0 500	0 560	0 660	0 780	0 920	0 1100
0 300	0 300	0 340	0 340	0 380	0 380	0 450	0 500	0 550	0 600	0 650	0 750	0 900
0 460	0 520	0 520	0 570	0 570	0 630	0 700	0 800	0 900	0 1050	0 1250	0 1500	0 1750
0 600	0 600	0 680	0 680	0 760	0 760	0 900	0 1000	0 1100	0 1200	0 1300	0 1500	0 1800
0 720	0 810	0 810	0 890	0 890	0 970	0 1100	0 1250	0 1400	0 1650	0 1950	0 2300	0 2800
0 1150	0 1300	0 1300	0 1400	0 1400	0 1550	0 1750	0 2000	0 2300	0 2600	0 3100	0 3700	0 4400
0 1150	0 1150	0 1350	0 1350	0 1550	0 1550	0 1800	0 2000	0 2200	0 2400	0 2600	0 3000	0 3500
0 1850	0 2100	0 2100	0 2300	0 2300	0 2500	0 2800	0 3200	0 3600	0 4200	0 5000	0 6000	0 7000
0 1900	0 1900	0 2200	0 2200	0 2500	0 2500	0 2800	0 3000	0 3500	0 4000	0 4500	0 5000	0 5500
0 2900	0 3200	0 3200	0 3600	0 3600	0 4000	0 4400	0 5000	0 5600	0 6600	0 7800	0 9200	0 11 000
0 2900	0 2900	0 3300	0 3300	0 3800	0 3800	0 4500	0 5000	0 5500	0 6000	0 6500	0 7000	0 8000
0 4600	0 5200	0 5200	0 5700	0 5700	0 6300	0 7000	0 8000	0 9000	0 10 500	0 12 500	0 15 000	0 17 500

13. Система вала. Переходные посадки. Верхние и нижние отклонения (мкм)

Система допусков	Поле допуска отверстия	Отклонение	Нормы							
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
ЕСДП	J_s^5	$ES +$ $EI -$	2 2	2,5 2,5	3 3	4 4	4,5 4,5	5,5 5,5	6,5 6,5	7,5 7,5
ОСТ	H_{09}	в. о. + н. о. -	2 2	2,5 2,5	3 3	4 4	4,5 4,5	5,5 5,5	6,5 6,5	7,5 7,5
ЕСДП	K_5	$ES +$ $EI -$	0 4	0 5	1 5	2 6	1 8	2 9	3 10	2 13
ОСТ	H_{09}	в. о. + н. о. -	0 4	0 5	1 5	2 6	1 8	2 9	3 10	2 13
ЕСДП	J_s^6	$ES +$ $EI -$	3 3	4 4	4,5 4,5	5,5 5,5	6,5 6,5	8 8	9,5 9,5	11 11
ОСТ	P_1	в. о. + н. о. -	4 2	5 3	6 4	7 5	8 6	9 7	10 8	12 9
ЕСДП	K_6	$ES +$ $EI -$	0 6	2 6	2 7	2 9	2 11	3 13	4 15	4 18
ОСТ	H_1	в. о. + н. о. -	1 5	1 7	1 8	1 10	2 12	2 14	2 16	3 19
ЕСДП	J_s^7	$ES +$ $EI -$	5 5	6 6	7 7	9 9	10 10	12 12	15 15	17 17
ОСТ	P	в. о. + н. о. -	7 3	9 4	11 5	13 6	16 7	18 8	20 10	23 12
ЕСДП	K_7	$ES +$ $EI -$	0 10	3 9	5 10	6 12	6 15	7 18	9 21	10 25

отверстий в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 9)

нальные размеры отверстий, мм

Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
9 9	10 10	11,5 11,5	11,5 11,5	12,5 12,5	12,5 12,5	13,5 13,5	15 15	17,5 17,5	20 20	23 23	27 27	32,5 32,5	38,5 38,5
9 9	10 10	10 10	11,5 11,5	11,5 11,5	13,5 13,5	13,5 13,5	—	—	—	—	—	—	—
3 15	2 18	3 20	3 20	3 22	3 22	2 25	—	—	—	—	—	—	—
3 15	2 18	2 18	3 20	3 20	2 25	2 25							
12,5 12,5	14,5 14,5	16 16	16 16	18 18	18 18	20 20	22 22	25 25	28 28	33 33	39 39	46 46	55 55
14 10	16 11	16 11	18 13	18 13	20 15	20 15	—	—	—	—	—	—	—
4 21	5 24	5 27	5 27	7 29	7 29	8 32	0 44	0 50	0 56	0 66	0 78	0 92	0 110
3 22	3 25	3 25	4 28	4 28	5 32	5 32	—	—	—	—	—	—	—
20 20	23 23	26 26	26 26	28 28	28 28	31 31	35 35	40 40	45 45	52 52	62 62	75 75	87 87
27 14	30 16	30 16	35 18	35 18	40 20	40 20	47 23	55 25	62 28	70 30	77 33		
12 28	13 33	16 36	16 36	17 40	17 40	18 45	0 70	0 80	0 90	0 105	0 125	0 150	0 175

Система допусков	Поле допуска отверстия	Отклонение	Номи							
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
ОСТ	H	в. о. + н. о. —	3 7	4 9	4 12	5 14	6 17	7 20	8 23	9 26
ЕСДП.	J_8	$ES +$ $EI -$	7 7	9 9	11 11	13 13	16 16	19 19	23 23	27 27
ОСТ	P_{2a}	в. о. + н. о. —	7 7	9 9	12 10	15 12	20 13	24 15	28 18	34 20
ЕСДП	K_8	$ES +$ $EI -$	0 14	5 13	6 16	8 19	10 23	12 27	14 32	16 38
ОСТ	H_{2a}	в. о. + н. о. —	4 10	5 13	6 16	8 19	10 23	12 27	14 32	16 38
ЕСДП	M_8	$ES +$ $EI -$	—	2 16	1 21	2 25	4 29	5 34	5 41	6 48
ОСТ	T_{2a}	в. о. + н. о. —	—	1 17	1 21	2 25	4 29	5 34	5 41	6 48
ЕСДП	M_5	$ES -$ $EI -$	2 6	3 8	4 10	4 12	5 14	5 16	6 19	8 23
ОСТ	Γ_{09}	в. о. — н. о. —	2 6	3 8	4 10	4 12	5 14	5 16	6 19	8 23
ЕСДП	N_5	$ES -$ $EI -$	4 8	7 12	8 14	9 17	12 21	13 24	15 28	18 33
ОСТ	$Pr1_{09}$	в. о. — н. о. —	4 8	7 12	8 14	9 17	12 21	13 24	15 28	18 33

Система допусков	Поле допуска отверстия	Отклонение	Номи							
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120
ЕСДП	M6	ES — EI —	2 8	1 9	3 12	4 15	4 17	4 20	5 24	6 28
ОСТ	T ₁	в. о. — н. о. —	2 8	2 10	3 12	4 15	4 17	5 20	5 24	6 28
ЕСДП	N6	ES — EI —	4 10	5 13	7 16	9 20	11 24	12 28	14 33	16 38
ОСТ	Г ₁	в. о. — н. о. —	4 10	5 13	6 16	8 20	10 24	12 28	14 33	17 38
ЕСДП	M7	ES — EI —	2 12	0 12	0 15	0 18	0 21	0 25	0 30	0 35
ОСТ	T	в. о. = 0 н. о. —	0 10	0 13	0 16	0 19	0 23	0 27	0 30	0 35
ЕСДП	N7	ES — EI —	4 14	4 16	4 19	5 23	7 28	8 33	9 39	10 45
ОСТ	Г	в. о. — н. о. —	2 13	3 16	4 20	5 24	6 30	7 35	8 40	10 45
ЕСДП	N8	ES — EI —	4 18	2 20	3 25	3 30	3 36	3 42	4 50	4 58
ОСТ	Г _{2a}	в. о. — н. о. —	1 15	2 20	3 25	3 30	3 36	3 42	4 50	4 58

Примечание. Верхнее *ES* и нижнее *EI* отклонения отверстий *J_s4*, *J_s9*, быть определены по величине допуска *ITq* по следующим формулам:

$$ES = + \frac{ITq}{2}; \quad EI = - \frac{ITq}{2},$$

где *ITq* — допуск качества *q* по табл. 4.

Продолжение табл. 13

нальные размеры отверстий, мм													
Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
8 33	8 37	9 41	9 41	10 46	10 46	10 50	26 70	30 80	34 90	40 106	48 126	58 150	68 178
7 32	8 36	8 36	9 40	9 40	10 45	10 45	—	—	—	—	—	—	—
20 45	22 51	25 57	25 57	26 62	26 62	27 67	44 88	50 100	56 112	66 132	78 156	92 184	110 220
20 45	23 52	23 52	27 58	27 58	30 65	30 65	—	—	—	—	—	—	—
0 40	0 46	0 52	0 52	0 57	0 57	0 63	26 96	30 110	34 124	40 145	48 173	58 208	68 243
0 40	0 45	0 45	0 50	0 50	0 60	0 60	0 70	0 80	0 90	0 100	0 110	—	—
12 52	14 60	14 66	14 66	16 73	16 73	17 80	44 114	50 130	56 146	66 171	78 203	92 242	110 285
12 52	15 60	15 60	18 70	18 70	20 80	20 80	23 93	25 105	28 118	30 130	33 143	—	—
4 67	5 77	5 86	5 86	5 94	5 94	6 103	—	—	—	—	—	—	—
4 67	5 78	5 78	6 90	6 90	7 102	7 102	—	—	—	—	—	—	—

$J_5 10$, $J_5 11 \dots J_5 16$ и $J_5 17$ в табл. 13 не приведены, так как они могут

14. Система вала. Посадки с зазором. Верхние и нижние отклонения (мкм)

Система допусков	Поле допуска отверстия	Отклонение	Номи									
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	
ЕСДП	G5	ES + EI +	6 2	9 4	11 5	14 6	16 7	20 9	23 10	27 12	32 14	
ОСТ	D ₀₉	в. о. + н. о. +	6 2	9 4	11 5	14 6	16 7	20 9	23 10	27 12	32 14	
ЕСДП	G6	ES + EI +	8 2	12 4	14 5	17 6	20 7	25 9	29 10	34 12	39 14	
ОСТ	D ₁	в. о. + н. о. +	10 3	12 4	14 5	17 6	20 7	25 9	29 10	34 12	39 14	
ЕСДП	F7	ES + EI +	16 6	22 10	28 13	34 16	41 20	50 25	60 30	71 36	83 43	
ОСТ	X ₁	в. о. + н. о. +	16 6	22 10	28 13	34 16	41 20	50 25	60 30	71 36	83 43	
ЕСДП	G7	ES + EI +	12 2	16 4	20 5	24 6	28 7	34 9	40 10	47 12	54 14	
ОСТ	D	в. о. + н. о. +	13 3	17 4	21 5	25 6	30 8	35 10	42 12	50 15	60 18	
ЕСДП	F8	ES + EI +	20 6	28 10	35 13	43 16	53 20	64 25	76 30	90 36	106 43	
ОСТ	X	в. о. + н. о. +	22 8	27 10	33 13	40 16	50 20	60 25	70 30	90 40	105 50	
ЕСДП	E8	ES + EI +	28 14	38 20	47 25	59 32	73 40	89 50	106 60	126 72	148 85	

отверстий в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 10)

нальные размеры отверстий, мм														
Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3150	
35 15	40 17	40 17	43 18	43 18	47 20	—	—	—	—	—	—	—	—	
35 15	35 15	40 17	40 17	47 20	47 20	—	—	—	—	—	—	—	—	
44 15	49 17	49 17	54 18	54 18	60 20	66 22	74 24	82 26	94 28	108 30	124 32	144 34	173 38	
43 16	43 16	48 18	48 18	55 20	55 20	—	—	—	—	—	—	—	—	
96 50	108 56	108 56	119 62	119 62	131 68	146 76	160 80	176 86	203 98	235 110	270 120	305 130	355 145	
96 50	96 50	108 56	108 56	131 68	131 68	—	—	—	—	—	—	—	—	
61 15	69 17	69 17	75 18	75 18	83 20	92 22	104 24	116 26	133 28	155 30	182 32	209 34	248 38	
70 22	70 22	80 26	80 26	90 30	90 30	105 35	120 40	135 45	150 50	165 55	180 60	200 70	230 80	
122 50	137 56	137 56	151 62	151 62	165 68	186 76	205 80	226 86	263 98	305 110	350 120	410 130	475 145	
120 60	120 60	140 70	140 70	160 80	160 80	170 100	190 110	210 120	230 130	260 150	290 170	320 190	360 210	
172 100	191 110	191 110	214 125	214 125	232 135	255 145	285 160	310 170	360 195	415 220	470 240	540 260	620 290	

Система допусков	Поле допуска отверстия	Отклонение	Номи									
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	
ЕСДП	D8	ES + EI +	34 20	48 30	62 40	77 50	98 65	119 80	146 100	174 120	208 145	
ОСТ	Ш	в. о. + н. о. +	38 18	50 25	65 35	80 45	105 60	125 75	155 95	190 120	230 150	
ЕСДП	F9	ES + EI +	31 6	40 10	49 13	59 16	72 20	87 25	104 30	123 36	143 43	
ЕСДП	E9	ES + EI +	39 14	50 20	61 25	75 32	92 40	112 50	134 60	159 72	185 85	
ОСТ	X ₃	в. о. + н. о. +	32 7	44 11	55 15	70 20	85 25	100 32	120 40	140 50	165 60	
ЕСДП	D9	ES + EI +	45 20	60 30	76 40	93 50	117 65	142 80	174 100	207 120	245 145	
ЕСДП	D10	ES + EI +	60 20	78 30	98 40	120 50	149 65	180 80	220 100	260 120	305 145	
ОСТ	Ш ₃	в. о. + н. о. +	50 17	65 25	85 35	105 45	130 60	160 75	195 95	235 120	285 150	
ЕСДП	D11	ES + EI +	80 20	105 30	130 40	160 50	195 65	240 80	290 100	340 120	395 145	
ОСТ	X ₄	в. о. + н. о. +	90 30	120 40	150 50	180 60	210 70	250 80	300 100	350 120	400 130	

нальные размеры отверстий, мм													
Св. 180 до 250	Св. 250 до 260	Св. 260 до 315	Св. 315 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3150
242 170	271 190	271 190	299 210	299 210	327 230	370 260	415 290	460 320	515 350	585 390	660 430	760 480	850 520
270 180	270 180	310 210	310 210	365 250	365 250	—	—	—	—	—	—	—	—
165 50	186 56	186 56	202 62	202 62	223 68	251 76	280 80	316 86	358 98	420 110	490 120	570 130	685 145
215 100	240 110	240 110	265 125	265 125	290 135	320 145	360 160	400 170	455 195	530 220	610 240	700 260	830 290
195 75	195 75	225 90	225 90	255 105	255 105	260 120	280 130	320 150	370 170	410 190	460 210	510 230	560 260
285 170	320 190	320 190	350 210	350 210	385 230	435 260	490 290	550 320	610 350	700 390	800 430	920 480	1060 520
355 170	400 190	400 190	440 210	440 210	480 230	540 260	610 290	680 320	770 350	890 390	1030 430	1180 480	1380 520
330 180	330 180	380 210	380 210	440 250	440 250	420 280	450 300	520 350	600 400	670 450	750 500	830 550	900 600
460 170	510 190	510 190	570 210	570 210	630 230	700 260	790 290	880 320	1010 350	1170 390	1350 430	1580 480	1870 520
450 150	450 150	500 170	500 170	570 190	570 190	680 230	750 250	830 280	900 300	980 330	1130 380	1350 450	1500 500

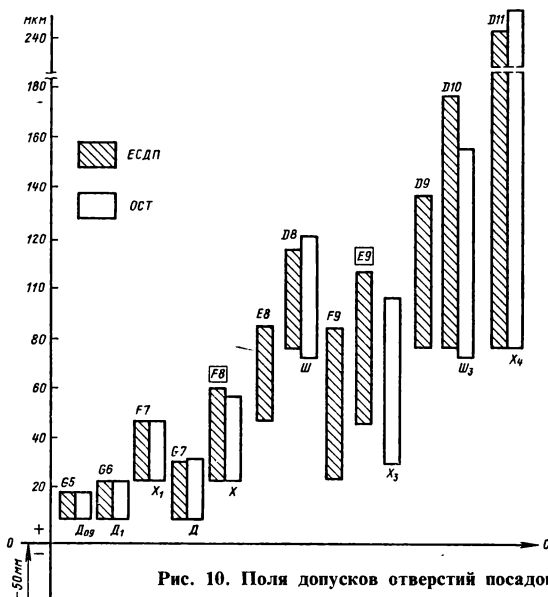


Рис. 10. Поля допусков отверстий посадок с зазором

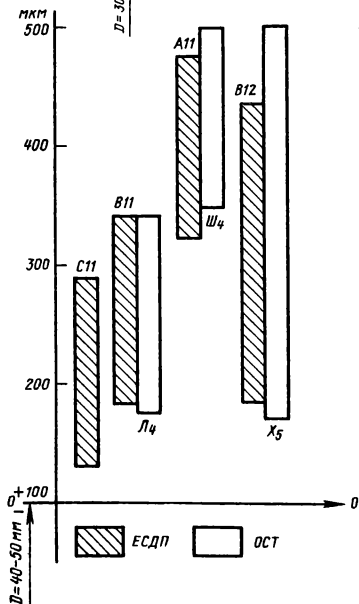


Рис. 11. Поля допусков отверстий посадок с большими зазорами

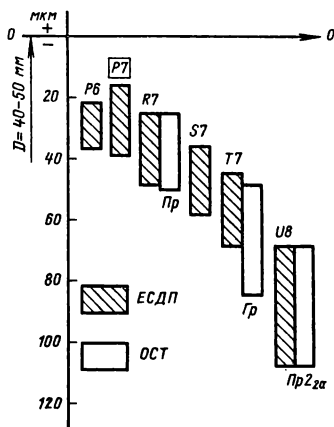


Рис. 12. Поля допусков отверстий посадок с натягом

Система допусков	Поле допуска отверстия	Отклонение	Номинальный размер отверстия, мм															
			Св. 260 до 280	Св. 280 до 315	Св. 315 до 355	Св. 355 до 360	Св. 360 до 400	Св. 400 до 450	Св. 450 до 500	Св. 500 до 560	Св. 560 до 630	Св. 630 до 710	Св. 710 до 800	Св. 800 до 900	Св. 900 до 1000	Св. 1000 до 1120	Св. 1120 до 1250	Св. 1250 до 1400
ЕСДП	<i>C11</i>	<i>ES + EI +</i>	620 300	650 330	720 360	760 400	760 400	840 440	880 480	960 520	1020 580	1140 640	1200 700	1340 780	1420 860	1600 940	1710 1050	1930 1150
ЕСДП	<i>B11</i>	<i>ES + EI +</i>	800 480	860 540	960 600	1040 680	1040 680	1160 760	1240 840	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ОСТ	<i>Л₄</i>	в. о. + н. о. +	680 340	680 340	680 340	680 340	760 380	760 380	760 380	900 450	900 450	1000 500	1000 500	1100 550	1100 550	1200 600	1200 600	1300 650
ЕСДП	<i>A11</i>	<i>ES + EI +</i>	1240 920	1370 1050	1560 1200	1710 1350	1710 1350	1900 1500	2050 1650	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ОСТ	<i>Ш₄</i>	в. о. + н. о. +	1000 680	1000 680	1000 680	1000 680	1100 760	1100 760	1100 760	1350 900	1350 900	1500 1000	1500 1000	1650 1100	1650 1100	1800 1200	1800 1200	1950 1300
ЕСДП	<i>B12</i>	<i>ES + EI +</i>	1000 480	1060 540	1170 600	1250 680	1250 680	1390 760	1470 840	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ОСТ	<i>Х₅</i>	в. о. + н. о. +	1000 340	1000 340	1000 340	1000 340	1100 380	1100 380	1100 380	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЕСДП	<i>CD11</i>	<i>ES + EI +</i>	—	—	—	—	—	—	—	810 370	830 390	930 430	950 450	1060 500	1080 520	1240 580	1260 600	1440 660

16. Система вала. Посадки с натягом. Верхние и нижние отклонения (мкм) отверстий в ЕСДП и системе ОСТ (рис. 12)

Система допусков	Поле допуска отверстия	Отклонение	Номинальные размеры отверстий, мм																				
			От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 150	Св. 150 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 220	Св. 220 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 260
ЕСДП	P6	ES— EI—	6 12	9 17	12 21	15 26	18 31	18 31	21 37	21 37	26 45	26 45	30 52	30 52	36 61	36 61	36 61	36 61	41 70	41 70	41 70	41 70	47 79
ЕСДП	P7	ES— EI—	6 16	8 20	9 24	11 29	14 35	14 35	17 42	17 42	21 51	21 51	24 59	24 59	28 68	28 68	28 68	28 68	33 79	33 79	33 79	33 79	36 88
ЕСДП	R7	ES— EI—	10 20	11 23	13 28	16 34	20 41	20 41	25 50	25 50	30 60	32 62	38 73	41 76	48 88	50 90	50 90	53 93	60 106	63 109	63 109	67 113	74 126
ОСТ	Пр	в.о.— н.о.—	8 18	10 23	12 28	15 34	19 42	19 42	25 52	25 52	35 65	35 65	50 85	60 95	70 110	70 110	85 125	85 125	100 145	100 145	120 165	120 165	120 165
ЕСДП	S7	ES— EI—	14 24	15 27	17 32	21 39	27 48	27 48	34 59	34 59	42 72	48 78	58 93	66 101	77 117	85 125	85 125	93 133	105 151	113 159	113 159	123 169	138 190
ЕСДП	T7	ES— EI—	—	—	—	—	—	33 54	39 64	45 70	55 85	64 94	78 113	91 126	107 147	119 159	119 159	131 171	149 195	163 209	163 209	179 225	198 250
ОСТ	Гр	в.о.— н.о.—	13 27	15 33	17 39	22 48	30 62	30 62	40 77	50 87	65 105	80 120	93 140	113 160	137 190	137 190	167 220	167 220	200 260	200 260	240 300	240 300	240 300
ЕСДП	U8	ES— EI—	18 32	23 41	28 50	33 60	41 74	48 81	60 99	70 109	87 133	102 148	124 178	144 198	170 233	190 253	190 253	210 273	236 308	258 330	258 330	284 356	315 396
ОСТ	Пр2 _{2a}	в.о.— н.о.—	18 32	23 41	28 50	33 60	41 74	48 81	60 99	70 109	87 133	102 148	124 178	144 198	170 233	190 253	190 253	210 273	236 308	236 308	284 356	284 356	284 356

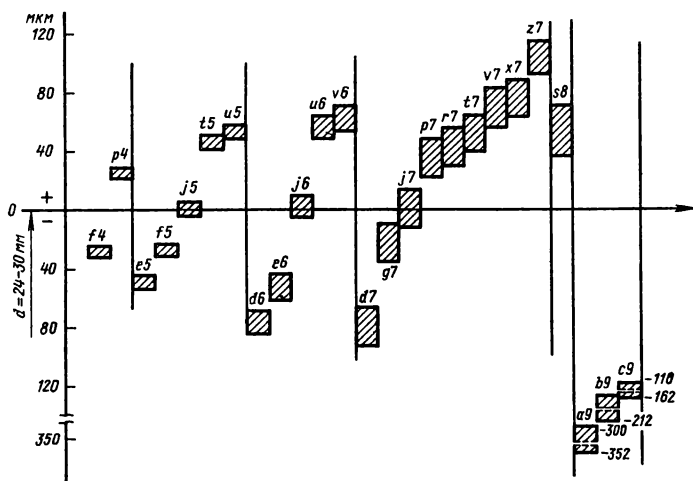


Рис. 13. Дополнительные поля допусков валов

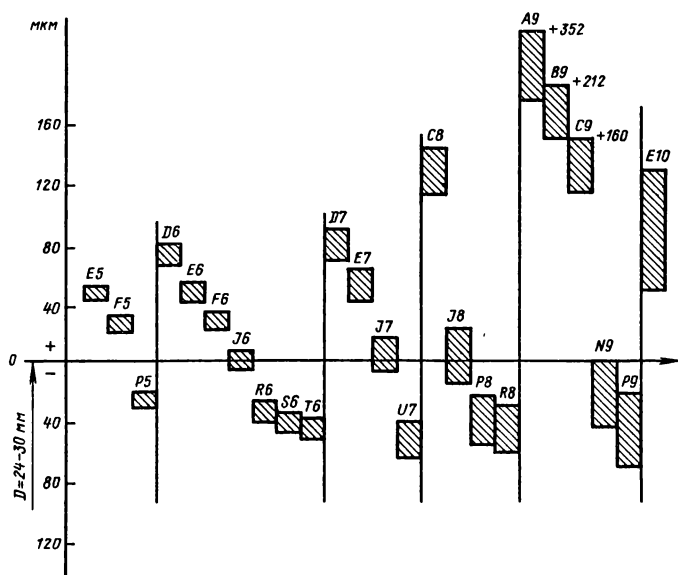


Рис. 14. Дополнительные поля допусков отверстий

17. Дополнительные поля допусков валов по ЕСДП. Верхние и нижние отклонения

Поле допус-ка вала	Отклоне-ние	Номинальные размеры										
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 14	Св. 14 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80
<i>f4</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	6 9	10 14	13 17	16 21	16 21	20 26	20 26	25 32	25 32	30 38	30 38
<i>p4</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	9 6	16 12	19 15	23 18	23 18	28 22	28 22	33 26	33 26	40 32	40 32
<i>e5</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	14 18	20 25	25 31	32 40	32 40	40 49	40 49	50 61	50 61	60 73	60 73
<i>f5</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	6 10	10 15	13 19	16 24	16 24	20 29	20 29	25 36	25 36	30 43	30 43
<i>j5</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> —	2 2	3 2	4 2	5 3	5 3	5 4	5 4	6 5	6 5	6 7	6 7
<i>t5</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	—	—	—	—	—	—	50 41	59 48	65 54	79 66	88 75
<i>u5</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	22 18	28 23	34 28	41 33	41 33	50 41	57 48	71 60	81 70	100 87	115 102
<i>d6</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	20 26	30 38	40 49	50 61	50 61	65 78	65 78	80 96	80 96	100 119	100 119
<i>e6</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	14 20	20 28	25 34	32 43	32 43	40 53	40 53	50 66	50 66	60 79	60 79
<i>j6</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> —	4 2	6 2	7 2	8 3	8 3	9 4	9 4	11 5	11 5	12 7	12 7
<i>u6</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	24 18	31 23	37 28	44 33	44 33	54 41	61 48	76 60	86 70	106 87	121 102
<i>v6</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	—	—	—	—	50 39	60 47	68 55	84 68	97 81	121 102	139 120
<i>d7</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	20 30	30 42	40 55	50 68	50 68	65 86	65 86	80 105	80 105	100 130	100 130

(мкм) вала (рис. 13)

ВАЛОВ, мм

Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 280	Св. 280 до 315	Св. 315 до 355	Св. 355 до 400	Св. 400 до 450	Св. 450 до 500
36 46	36 46	43 55	43 55	43 55	50 64	50 64	50 64	56 72	56 72	62 80	62 80	68 88	68 88
47 37	47 37	55 43	55 43	55 43	64 50	64 50	64 50	72 56	72 56	80 62	80 62	88 68	88 68
72 87	72 87	85 103	85 103	85 103	100 120	100 120	100 120	110 133	110 133	125 150	125 150	135 162	135 162
36 51	36 51	43 61	43 61	43 61	50 70	50 70	50 70	56 79	56 79	62 87	62 87	68 95	68 95
6 9	6 9	7 11	7 11	7 11	7 13	7 13	7 13	7 16	7 16	7 18	7 18	7 20	7 20
106 91	119 104	140 122	152 134	164 146	186 166	200 180	216 196	241 218	263 240	293 268	319 294	357 330	387 360
139 124	159 144	188 170	208 190	228 210	256 236	278 258	304 284	338 315	373 350	415 390	460 435	517 490	567 540
120 142	120 142	145 170	145 170	145 170	170 199	170 199	170 199	190 222	190 222	210 246	210 246	230 270	230 270
72 94	72 94	85 110	85 110	85 110	100 129	100 129	100 129	110 142	110 142	125 161	125 161	135 175	135 175
13 9	13 9	14 11	14 11	14 11	16 13	16 13	16 13	16 16	16 16	18 18	18 18	20 20	20 20
146 124	166 144	195 170	215 190	235 210	265 236	287 258	313 284	347 315	382 350	426 390	471 435	530 490	580 540
168 146	194 172	227 202	253 228	277 252	313 284	339 310	369 340	417 385	457 425	511 475	566 530	635 595	700 660
120 155	120 155	145 185	145 185	145 185	170 216	170 216	170 216	190 242	190 242	210 267	210 267	230 293	230 293

Поле допус-ка вала	Отклоне-ние	Номинальные размеры										
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 14	Св. 14 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80
<i>g7</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	2 12	4 16	5 20	6 24	6 24	7 28	7 28	9 34	9 34	10 40	10 40
<i>j7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> —	6 4	8 4	10 5	12 6	12 6	13 8	13 8	15 10	15 10	18 12	18 12
<i>p7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	16 6	24 12	30 15	36 18	36 18	43 22	43 22	51 26	51 26	62 32	62 32
<i>r7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	20 10	27 15	34 19	41 23	41 23	49 28	49 28	59 34	59 34	71 41	73 43
<i>t7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	—	—	—	—	—	—	62 41	73 48	79 54	96 66	105 75
<i>v7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	—	—	—	—	57 39	68 47	76 55	93 68	106 81	132 102	150 120
<i>x7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	30 20	40 28	49 34	58 40	63 45	75 54	85 64	105 80	122 97	152 122	176 146
<i>z7</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	36 26	47 35	57 42	68 50	78 60	94 73	109 88	137 112	161 136	202 172	240 210
<i>s8</i>	<i>es</i> + <i>ei</i> +	28 14	37 19	45 23	55 28	55 28	68 35	68 35	82 43	82 43	99 53	105 59
<i>a9</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	270 295	270 300	280 316	290 333	290 333	300 352	300 352	310 372	320 382	340 414	360 434
<i>b9</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	140 165	140 170	150 186	150 193	150 193	160 212	160 212	170 232	180 242	190 264	200 274
<i>c9</i>	<i>es</i> — <i>ei</i> —	60 85	70 100	80 116	95 138	95 138	110 162	110 162	120 182	130 192	140 214	150 224

Продолжение табл. 17

ВАЛОВ, мм													
Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 280	Св. 280 до 315	Св. 315 до 355	Св. 355 до 400	Св. 400 до 450	Св. 450 до 500
12 47	12 47	14 54	14 54	14 54	15 61	15 61	15 61	17 69	17 69	18 75	18 75	20 83	20 83
20 15	20 15	22 18	22 18	22 18	25 21	25 21	25 21	26 26	26 26	29 28	29 28	31 32	31 32
72 37	72 37	83 43	83 43	83 43	96 50	96 50	96 50	108 56	108 56	119 62	119 62	131 68	131 68
86 51	89 54	103 63	105 65	108 68	123 77	126 80	130 84	146 94	150 98	165 108	171 114	189 126	195 132
126 91	139 104	162 122	174 134	186 146	212 166	226 180	242 196	270 218	292 240	325 268	351 294	393 330	423 360
181 146	207 172	242 202	268 228	292 252	330 284	356 310	386 340	437 385	477 425	532 475	587 530	658 595	723 660
213 178	245 210	288 248	320 280	350 310	396 350	431 385	471 425	527 475	577 525	647 590	717 660	803 740	883 820
293 258	345 310	405 365	455 415	505 465	566 520	621 575	686 640	762 710	842 790	957 900	1057 1000	1163 1100	1313 1250
125 71	133 79	155 92	163 100	171 108	194 122	202 130	212 140	239 158	251 170	279 190	297 208	329 232	349 252
380 467	410 497	460 560	520 620	580 680	660 775	740 855	820 935	920 1050	1050 1180	1200 1340	1350 1490	1500 1655	1650 1805
220 307	240 327	260 360	280 380	310 410	340 455	380 495	420 535	480 610	540 670	600 740	680 820	760 915	840 995
170 257	180 267	200 300	210 310	230 330	240 355	260 375	280 395	300 430	330 460	360 500	400 540	440 595	480 635

18. Дополнительные поля допусков отверстий по ЕСДП. Верхние и нижние

Поле допус-ка	Отклоне-ние	Номинальные размеры											
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 14	Св. 14 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	
<i>E5</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	18 14	25 20	31 25	40 32	40 32	49 40	49 40	61 50	61 50	73 60	73 60	
<i>F5</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	10 6	15 10	19 13	24 16	24 16	29 20	29 20	36 25	36 25	43 30	43 30	
<i>P5</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	6 10	11 16	13 19	15 23	15 23	19 28	19 28	22 33	22 33	27 40	27 40	
<i>D6</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	26 20	38 30	49 40	61 50	61 50	78 65	78 65	96 80	96 80	119 100	119 100	
<i>E6</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	20 14	28 20	34 25	43 32	43 32	53 40	53 40	66 50	66 50	79 60	79 60	
<i>F6</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	12 6	18 10	22 13	27 16	27 16	33 20	33 20	41 25	41 25	49 30	49 30	
<i>J6</i>	<i>ES +</i> <i>EI -</i>	2 4	5 3	5 4	6 5	6 5	8 5	8 5	10 6	10 6	13 6	13 6	
<i>R6</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	10 16	12 20	16 25	20 31	20 31	24 37	24 37	29 45	29 45	35 54	37 56	
<i>S6</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	14 20	16 24	20 29	25 36	25 36	31 44	31 44	38 54	38 54	47 66	53 72	
<i>T6</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	—	—	—	—	—	—	37 50	43 59	49 65	60 79	69 88	
<i>D7</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	30 20	42 30	55 40	68 50	68 50	86 65	86 65	105 80	105 80	130 100	130 100	
<i>E7</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	24 14	32 20	40 25	50 32	50 32	61 40	61 40	75 50	75 50	90 60	90 60	

отклонения (мкм) отверстия (рис. 14)

отверстий, мм

Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 280	Св. 280 до 315	Св. 315 до 355	Св. 355 до 400	Св. 400 до 450	Св. 450 до 500
87 72	87 72	103 85	103 85	103 85	120 100	120 100	120 100	133 110	133 110	150 125	150 125	162 135	162 135
51 36	51 36	61 43	61 43	61 43	70 50	70 50	70 50	79 56	79 56	87 62	87 62	95 68	95 68
32 47	32 47	37 55	37 55	37 55	44 64	44 64	44 64	49 72	49 72	55 80	55 80	61 88	61 88
142 120	142 120	170 145	170 145	170 145	199 170	199 170	199 170	222 190	222 190	246 210	246 210	270 230	270 230
94 72	94 72	110 85	110 85	110 85	129 100	129 100	129 100	142 110	142 110	161 125	161 125	175 135	175 135
58 36	58 36	68 43	68 43	68 43	79 50	79 50	79 50	88 56	88 56	98 62	98 62	108 68	108 68
16 6	16 6	18 7	18 7	18 7	22 7	22 7	22 7	25 7	25 7	29 7	29 7	33 7	33 7
44 66	47 69	56 81	58 83	61 86	68 97	71 100	75 104	85 117	89 121	97 133	103 139	113 153	119 159
64 86	72 94	85 110	93 118	101 126	113 142	121 150	131 160	149 181	161 193	179 215	197 233	219 259	239 279
84 106	97 119	115 140	127 152	139 164	157 186	171 200	187 216	209 241	231 263	257 293	283 319	317 357	347 387
155 120	155 120	185 145	185 145	185 145	216 170	216 170	216 170	242 190	242 190	267 210	267 210	293 230	293 230
107 72	107 72	125 85	125 85	125 85	146 100	146 100	146 100	162 110	162 110	182 125	182 125	198 135	198 135

Поле допус-ка	Отклоне-ние	Номинальные размеры											
		От 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 14	Св. 14 до 18	Св. 18 до 24	Св. 24 до 30	Св. 30 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	
<i>J7</i>	<i>ES +</i> <i>EI -</i>	4 6	6 6	8 7	10 8	10 8	12 9	12 9	14 11	14 11	18 12	18 12	
<i>U7</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	18 28	19 31	22 37	26 44	26 44	33 54	40 61	51 76	61 86	76 106	91 121	
<i>C8</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	74 60	88 70	102 80	122 95	122 95	143 110	143 110	159 120	169 130	186 140	196 150	
<i>J8</i>	<i>ES +</i> <i>EI -</i>	6 8	10 8	12 10	15 12	15 12	20 13	20 13	24 15	24 15	28 18	28 18	
<i>P8</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	6 20	12 30	15 37	18 45	18 45	22 55	22 55	26 65	26 65	32 78	32 78	
<i>R8</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	10 24	15 33	19 41	23 50	23 50	28 61	28 61	34 73	34 73	41 87	43 89	
<i>A9</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	295 270	300 270	316 280	333 290	333 290	352 300	352 300	372 310	382 320	414 340	434 360	
<i>B9</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	165 140	170 140	186 150	193 150	193 150	212 160	212 160	232 170	242 180	264 190	274 200	
<i>C9</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	85 60	100 70	116 80	138 95	138 95	162 110	162 110	182 120	192 130	214 140	224 150	
<i>N9</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	4 29	0 30	0 36	9 43	0 43	0 52	0 52	0 62	0 62	0 74	0 74	
<i>P9</i>	<i>ES -</i> <i>EI -</i>	6 31	12 42	15 51	18 61	18 61	22 74	22 74	26 88	26 88	32 106	32 106	
<i>E10</i>	<i>ES +</i> <i>EI +</i>	54 14	68 20	83 25	102 32	102 32	124 40	124 40	150 50	150 50	180 60	180 60	

отверстий, мм														
	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 225	Св. 225 до 250	Св. 250 до 280	Св. 280 до 315	Св. 315 до 355	Св. 355 до 400	Св. 400 до 450	Св. 450 до 500
	22 13	22 13	26 14	26 14	26 14	30 16	30 16	30 16	36 16	36 16	39 18	39 18	43 20	43 20
	111 146	131 166	155 195	175 215	195 235	219 265	241 287	267 313	295 347	330 382	369 426	414 471	467 530	517 580
	224 170	234 180	263 200	273 210	293 230	312 240	332 260	352 280	381 300	411 330	449 360	489 400	537 440	577 480
	34 20	34 20	41 22	41 22	41 22	47 25	47 25	47 25	55 26	55 26	60 29	60 29	66 31	66 31
	37 91	37 91	43 106	43 106	43 106	50 122	50 122	50 122	56 137	56 137	62 151	62 151	68 165	68 165
	51 105	54 108	63 126	65 128	68 131	77 149	80 152	84 156	94 175	98 179	108 197	114 203	126 223	132 229
	467 380	497 410	560 460	620 520	680 580	775 660	855 740	935 820	1050 920	1180 1050	1340 1200	1490 1350	1655 1500	1805 1650
	307 220	327 240	360 260	380 280	410 310	455 340	495 380	535 420	610 480	670 540	740 600	820 680	915 760	995 840
	257 170	267 180	300 200	310 210	330 230	355 240	375 260	395 280	430 300	460 330	500 360	540 400	595 440	635 480
	0 87	0 87	0 100	0 100	0 100	0 115	0 115	0 115	0 130	0 130	0 140	0 140	0 155	0 155
	37 124	37 124	43 143	43 143	43 143	50 165	50 165	50 165	56 186	56 186	62 202	62 202	68 223	68 223
	212 72	212 72	245 85	245 85	245 85	285 100	285 100	285 100	320 110	320 110	355 125	355 125	385 135	385 135

Вал $\varnothing 53^{+0,083}_{+0,053}$ имеет основное отклонение со знаком плюс, что согласно рис. 1, б, соответствует валам для посадок с натягом (см. табл. 11). Из табл. 11 получаем поле допуска $\varnothing 53s7$ или $\varnothing 53s7(^{+0,083}_{+0,053})$.

Для справки: в системе ОСТ это поле допуска обозначается $\varnothing 53 \text{ Пр}1_{2a}$ или $\varnothing 53 \text{ Пр}1_{2a}(^{+0,083}_{+0,053})$.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОСАДОК ПО ЕСДП И ЗАМЕНЕ ПОСАДОК ПО СИСТЕМЕ ОСТ

Сочетанием рекомендованных для применения полей допусков валов и отверстий можно получить большое число посадок. Для общего применения ГОСТ 25347–82 (СТ СЭВ 144–75) установлены рекомендуемые посадки в системе отверстия и в системе вала (табл. 19). Предпочтительно применение системы отверстия. Система вала применяется только в тех случаях, когда это оправдано конструктивно или экономически, например, если необходимо получить разные посадки нескольких деталей с отверстиями на одном гладком валу.

При интервалах размеров от 1 до 500 мм в рамках приведены посадки *предпочтительного* (первоочередного) применения.

В системе отверстия посадки образуются сочетанием поля допуска основного отверстия (см. табл. 7) с полями допусков валов переходных посадок (см. табл. 8), посадок с зазорами (см. табл. 9, 10) и посадок с натягом (см. табл. 11). В системе вала соответственно посадки образуются сочетанием поля допуска основного вала (см. табл. 12) с полями допусков отверстий переходных посадок (см. табл. 13), посадок с зазорами (см. табл. 14 и 15) и посадок с натягами (см. табл. 16).

На рис. 15 приведена схема расположения полей допусков отверстий и валов посадок *предпочтительного* применения.

При рассмотрении посадок в системе отверстия и в системе вала (табл. 19) видно, что посадки предусмотрены в квалитетах от 4 до 12. Для номинальных размеров менее 1 и свыше 3150 мм, а также для 9–12-го квалитетов при номинальных размерах от 1 до 3150 мм посадки образуются сочетанием полей допусков основных отверстий (валов) и валов (отверстий) одинакового квалитета точности, например, $0,5 \frac{H6}{p6}$; $3500 \frac{H7}{e7}$; $3500 \frac{E8}{h8}$; $50 \frac{H9}{e9}$; $5 \frac{B11}{h11}$.

При номинальных размерах от 1 до 3150 мм в точных квалитетах 6 и 7-м по технологическим соображениям в посадках поле допуска отверстия рекомендуется назначать на один квалитет грубее, чем поле допуска вала, например $5 \frac{H7}{k6}$; $100 \frac{E8}{h7}$.

Кроме посадок, указанных в табл. 19, в технически обоснованных случаях допускаются другие посадки, образованные из полей допусков

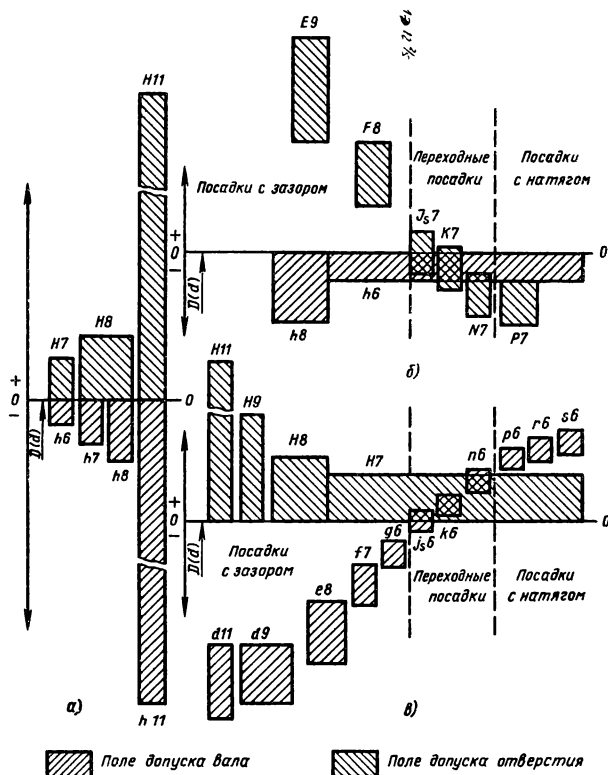


Рис. 15. Посадки предпочтительного применения:

а — образованные соединением основных валов и основных отверстий; б — в системе вала; в — в системе отверстия

по ЕСДП. В этих случаях рекомендуется, по возможности, чтобы посадка относилась к системе отверстия или системе вала, а при неодинаковых допусках отверстия и вала в посадке больший допуск был у отверстия и допуски отверстия и вала отличались не более чем на два квалитета.

Выбор и назначение посадок осуществляют на основе расчетов с учетом опыта эксплуатации подобных соединений. Некоторые примеры применения предпочтительных посадок ЕСДП при номинальных размерах от 1 до 500 мм приведены ниже (в скобках даны соответствующие названия посадок в системе ОСТ).

Посадки с зазором. Посадки H/h образованы полями допусков основного вала и основного отверстия. Наименьший зазор равен нулю, наибольший — сумме допусков вала и отверстия. Эти посадки соответ-

19. Рекомендуемые посадки ЕСДП при номинальных размерах от 1 до 3150 мм

Посадки, образованные соединением основного вала с основным отверстием		Система отверстия								
		Посадки с зазором					Переходные посадки			
Номинальные										
$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	
$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{e7}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{H5}{n4}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	
$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H9}{h8}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{f9}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H7}{js6}$	
$\frac{H8}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H9}{f8}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	
$\frac{H10}{h9}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H9}{e8}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	
$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H12}{b12}$	—	—	—	$\frac{H8}{n7}$	—	
Номинальные размеры										
$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{h7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g7}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{e7}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	
$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{js7}$	$\frac{H7}{k7}$	
$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H9}{f8}$	$\frac{H9}{e8}$	$\frac{H9}{d8}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H7}{n7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	
$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{H11}{cd11}$	—	$\frac{H8}{n7}$	—	
—	$\frac{H9}{h8}$	—	—	$\frac{H11}{c11}$	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Примечание. В рамках указаны предпочтительные посадки.

[illegible]

ствуют скользящим посадкам системы ОСТ, их применяют преимущественно для неподвижных соединений валов с отверстиями, часто подвергаемых разборке и регулированию и допускающих проворачивание и продольное перемещение одной детали относительно другой.

Посадки H7/h6 и H8/h7 назначают, например, для установки сменных зубчатых колес в станках, сменных кондукторных втулок, фрез на оправках, центрирующих корпусов под подшипники качения в автомобилях, шпинделя в корпусе сверлильного станка.

Посадку H8/h8 применяют для установки на валы деталей, передающих крутящие моменты через штифты и шпонки, для неподвижных осей и пальцев в опорах; для соединения деталей, которые должны легко передвигаться при настройках и регулировании с последующей затяжкой в рабочем положении.

Посадка H11/h11 является посадкой низкой точности и предназначена для относительно грубо центрированных неподвижных соединений (для центрирующих фланцев крышек и корпусов арматуры, для соединений, детали которых подлежат сварке; для крышек сальников в корпусах, для соединений распорных втулок и др.). В неподвижных соединениях эти посадки применяют для неотвественных шарниров и роликов, вращающихся на осях.

Посадку H7/g6 (движения) применяют для точных подвижных соединений, в которых требуется обеспечить герметичность при перемещении одной детали в другой, плавность и точность перемещений; для подшипников скольжения особо точных механизмов при малых нагрузках и работающих при постоянной температуре. Примеры: шпиндели точных станков и делительных головок в направляющих, сменные втулки в кондукторах, передвигные шестерни на валах коробок передач, плунжерные пары.

Посадки H7/f7 и F8/h6 (ходовые) предназначены для установки в опорах валов, вращающихся с умеренной угловой скоростью (до 150 рад/с) при постоянной по величине и направлению нагрузке; для опор с поступательным перемещением одной детали относительно другой, неподвижных соединений при невысокой точности центрирования деталей, допускающих легкую их сборку и разборку. Примеры: поршень в гидроцилиндре; зубчатые колеса и муфты, перемещаемые на валах; подшипники скольжения легких и средних машин, редукторов, насосов и т. п.

Посадки H7/e8; H8/e8 и E9/h8 (легкоходовые) характеризуются большими зазорами, поэтому обеспечивают свободное вращение при значительных нагрузках и угловых скоростях (свыше 150 рад/с). Их применяют для разнесенных опор валов, при числе опор, большем двух, и увеличенной длине соединения. Примеры: подшипники скольжения валов турбогенераторов, электромашин, станков, двигателей внутреннего сгорания; клапан впуска в направляющей втулке, распределительный вал двигателя в подшипнике (опоре).

Посадки H8/d9 и H9/d9 (широкоходовые) с большими гарантированными зазорами, позволяющими компенсировать отклонения распо-

ложения сопрягаемых поверхностей и большие температурные деформации, обеспечивают свободное перемещение деталей или их регулирование. Их применяют для подшипников жидкостного трения турбин, подшипников трансмиссионных валов; клапанов выпуска в направляющих втулках двигателей внутреннего сгорания.

Посадку H11/d11 применяют для подвижных соединений, не требующих точности, неподвижных грубоцентрированных соединений. Обеспечивается подвижность соединения в условиях запыления и загрязнения. Примеры: распорные втулки в корпусах, шарнирные соединения тяг и рычагов, узлы сельскохозяйственных машин.

Посадки с натягом. *Посадки H7/p6 и P7/h6* характеризуются минимальными гарантированными натягами. Вал изготавливают по 6-му качеству, а отверстие — по 7-му. Применяют для неподвижных соединений, передающих сравнительно малые осевые усилия или небольшие по величине крутящие моменты; сопряжений с тонкостенными деталями, не допускающими больших деформаций, или с деталями из цветных металлов и легких сплавов; центрирования тяжело нагруженных деталей с дополнительным их креплением. Примеры: клапанные седла в гнездах блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания, зубчатые колеса на валах с дополнительным креплением шпонками, винтами и штифтами.

Посадки H7/s6 и H7/r6 (прессовые) для неподвижных соединений, передающих нагрузки средней величины без дополнительного крепления деталей. Можно применять для передачи больших нагрузок при условии дополнительного крепления соединяемых деталей. Примеры: втулка в головке шатуна компрессора, зубчатые колеса на валах короб скоростей токарных станков, бронзовые зубчатые венцы на чугунных центрах с дополнительным креплением винтами.

Переходные посадки. *Посадки H7/n6 и N7/h6* соответствуют глухой посадке по системе ОСТ: при сборке деталей зазоров практически не бывает. Поэтому эту посадку можно отнести к группе посадок с натягом. Применяют для центрирования деталей в неподвижных соединениях, воспринимающих вибрации и удары. Неподвижность соединяемых деталей гарантируется дополнительным креплением при помощи винтов, штифтов, шпонок и т. п. Разборку соединения производят редко, например, при капитальном ремонте, но с использованием распрессовочных приспособлений (съемников). Примеры: зубчатые колеса и муфты на валах, бронзовые венцы червячных колес, кондукторные втулки в станочных приспособлениях, поршневые пальцы в бобышках поршней двигателей внутреннего сгорания, установочные кольца на валах, ступица вентилятора на валу.

Посадки H7/k6 и K7/h6 (напряженные) дают средний зазор, близкий к нулю. Вероятности получения зазоров и натягов в соединении примерно одинаковы. Практически вследствие погрешностей формы соединяемых поверхностей, особенно при большой длине соединения (свыше трех диаметров) зазоры почти не ощущаются. Поэтому эти посадки рассматривают, как не имеющие зазора и применяют для точ-

ного центрирования соединяемых деталей. Примеры: неподвижные зубчатые колеса на валах металлорежущих станков, втулка в головке шатуна тракторного двигателя, шкивы, маховики, рычаги на валах, съемные муфты на валах электромашин.

Посадки $H7/j_6$ и J_7/h_6 (плотные) характеризуются почти 100 %-ной вероятностью получения зазоров, поэтому их относят к группе посадок с зазором. Однако из-за влияния погрешностей формы и расположения поверхностей сборку соединения производят с помощью деревянного молотка. Применяют в легкоразъемных неподвижных центрирующих соединениях, неподвижность в которых обеспечивается дополнительными средствами крепления (шпонками, винтами и т. п.). Примеры: ручные маховички на валах, стаканы подшипников в корпусах.

Замена посадок в системе ОСТ посадками ЕСДП. Полное совпадение полей допусков валов и отверстий в системе ОСТ и ЕСДП имеет место лишь для 9 отверстий и 14 валов, поэтому посадки в системе ОСТ и ЕСДП, как правило, не совпадают. Для интервала номинальных размеров от 1 до 500 мм замена посадок в системе ОСТ ближайшими посадками ЕСДП приведена в табл. 20. Сопоставление посадок по ЕСДП и системе ОСТ проводится по относительной разности наибольших (наименьших) зазоров или натягов, выраженной в процентах по отношению к зазорам (натягам) по системе ОСТ. Заменяемость посадок допустима, если при выходе зазоров (натягов) в посадке ЕСДП за пределы поля допуска посадки по системе ОСТ относительная разность сопоставляемых предельных зазоров (натягов) не превышает 10% допуска посадки ОСТ, или если допуск посадки по ЕСДП сокращен по сравнению с допуском посадки по системе ОСТ не более чем на 20%.

Пример 9. Для посадки по системе ОСТ $30A_4/L_4$ подобрать заменяющую посадку по ЕСДП.

Согласно табл. 20 заданная посадка может быть заменена только посадкой $30H11/b11$. При размерах от 1 до 18 и от 160 до 500 мм возможна замена на посадку ЕСДП $H11/c11$.

Обозначение на чертежах полей допусков и посадок. Допуски (предельные отклонения) линейных размеров указывают на чертежах непосредственно после номинального размера тремя вариантами: условным (буквенным) обозначением основного отклонения с добавлением номера качества, например $50H7$, $150p6$, $15e8$, $100P7$; числовыми значениями верхнего и нижнего отклонений с их знаками (верхнее отклонение записывают над нижним), например $15_{-0,059}^{+0,032}$, $150_{+0,043}^{+0,068}$ (верхние и нижние отклонения, равные нулю, на чертежах не указывают, например $50_{-0,025}^{+0,025}$ или $50_{-0,025}$); буквенным обозначением поля допуска с указанием в скобках числовых значений предельных отклонений, например $150p6 (+0,068, -0,043)$, $15e8 (-0,032, -0,059)$.

При симметричном расположении отклонений, т. е. когда отклонения равны, но имеют разные знаки, их значения наносят со знаком $\pm$: например, $55J_9 (\pm 0,015)$ мм.

20. Посадки системы ОСТ, заменяемые ближайшими посадками по ЕСДП при номинальных размерах от 1 до 500 мм

Система отверстия			Система вала		
Посадка		Номинальные размеры	Посадка		Номинальные размеры
Система ОСТ	ЕСДП		Система ОСТ	ЕСДП	
A ₁ /Пр2 ₁	H6/s5	От 1 до 500	—	—	—
A ₁ /Пр1 ₁	H6/r5				
A ₁ /Г ₁	H6/p5 H6/n5	От 1 до 3 От 1 до 500	Г ₁ В ₁	N6/h5	От 1 до 500
A ₁ /Т ₁	H6/n5 H6/m5	От 1 до 3 От 1 до 500	Т ₁ /В ₁	M6/h5	
A ₁ /Н ₁	H6/k5	От 1 до 500	Н ₁ /В ₁	K6/h5	
A ₁ /П ₁	H6/js5		П ₁ /В ₁	J56/h5	
A ₁ /С ₁	H6/h5		С ₁ /В ₁	H6/h5	
A ₁ /Д ₁	H6/g5		Д ₁ /В ₁	G6/h5	
A ₁ /Х ₁	H6/f6		Х ₁ /В ₁	F7/h5	
A/Гр	H7/u7 H7/t6	От 1 до 500 Св. 24 до 500	Гр/В	U8/h6 T7/h6	От 1 до 500 Св. 24 до 500
A/Пр	H7/r6 H7/s6	От 1 до 120 Св. 80 до 500	Пр/В	R7/h6 S7/h6	От 1 до 150 Св. 50 до 500
A/Пл	H7/p6	От 1 до 120	—	—	—
	H7/r6	От 1 до 3 От 80 до 500			
A/Г	H7/p6 H7/n6	От 1 до 3 От 1 до 500	Г/В	M7/h6 N7/h6	От 1 до 3 От 1 до 500
A/Т	H7/n6 H7/m6	От 1 до 3 От 1 до 500	Т/В	K7/h6 M7/h6	От 1 до 3 От 1 до 500

Продолжение табл. 20

Система отверстия			Система вала		
Посадка		Номинальные размеры	Посадка		Номинальные размеры
Система ОСТ	ЕСДП		Система ОСТ	ЕСДП	
А/Н	$H7/k6$	От 1 до 500	Н/В	$J_s7/h6$ $K7/h6$	От 1 до 3 От 1 до 500
А/П	$H7/j_s6$	От 1 до 500	П/В	$J_s7/h6$	От 1 до 500
А/С	$H7/h6$		С/В	$H7/h6$	
А/Д	$H7/g6$		Д/В	$G7/h6$	
А/Х	$H7/f7$		Х/В	$F8/h6$	
А/Л	$H7/e8$ $H7/e7$			$F7/h6$	
			Л/В	$E8/h6$	
А/Ш	$H7/d8$		Ш/В	$D8/h6$	
А/ТХ	$H7/c8$		—	—	—
$A_{2a}/Пp2_{2a}$	$H8/u8$		$Пp2_{2a}/B_{2a}$	$U8/h7$	От 1 до 500
$A_{2a}/Пp1_{2a}$	$H8/s7$		—	—	—
$A_{2a}/Г_{2a}$	$H8/n7$		$Г_{2a}/B_{2a}$	$N8/h7$	От 1 до 500
$A_{2a}/Т_{2a}$	$H8/m7$		$Т_{2a}/B_{2a}$	$M8/h7$	
A_{2a}/H_{2a}	$H8/k7$		H_{2a}/B_{2a}	$K8/h7$	
$A_{2a}/П_{2a}$	$H8/j_s7$		$П_{2a}/B_{2a}$	$J_s8/h7$	
A_{2a}/C_{2a}	$H8/h7$		C_{2a}/B_{2a}	$H8/h7$	
A_{2a}/X_{2a}	$H8/f8$		—	—	

Продолжение табл. 20

Система отверстия			Система вала		
Посадка		Номинальные размеры	Посадка		Номинальные размеры
Система ОСТ	ЕСДП		Система ОСТ	ЕСДП	
A ₃ /ПрЗ ₃	H8/z8 H8/x8 H8/u8	Св. 18 до 100 Св. 50 до 500 Св. 225 до 500	—	—	—
A ₃ /Пр2 ₃	H8/z8 H8/x8 H8/u8	Св. 6 до 30 Св. 6 до 50 Св. 30 до 500			
A ₃ /Пр1 ₃	H8/x8 H8/u8 H8/s7	Св. 3 до 30 Св. 3 до 100 Св. 65 до 500			
A ₃ /C ₃	H8/h8 H9/h8, H8/h9 H9/h9	От 1 до 500	C ₃ /B ₃	H8/h8 H9/h8, H8/h9 H9/h9	От 1 до 500
A ₃ /X ₃	H9/f8 H8/f9 H9/f9 H9/e8, H9/e9	От 1 до 500	X ₃ /B ₃	F9/h9 F8/h9; F9/h8 E9/h8 E8/h9	От 1 до 500
A ₃ /Ш ₃	H9/d9 H8/d9 H9/d10		Ш ₃ /B ₃	D9/h9 D9/h8 D10/h8	
A _{3a} /C _{3a}	H10/h10		C _{3a} /B _{3a}	H10/h10	
A ₄ /C ₄	H11/h11		C ₄ /B ₄	H11/h11	
A ₄ /X ₄	H11/d11		X ₄ /B ₄	D11/h11	
A ₄ /Л ₄	H11/b11	От 1 до 500	Л ₄ /B ₄	B11/h11	От 1 до 500
	H11/c11	От 1 до 18 Св. 160 до 500		C11/h11	От 1 до 18 Св. 160 до 500
A ₄ /Ш ₄	H11/a11	От 1 до 500	Ш ₄ /B ₄	A11/h11	От 1 до 500

Продолжение табл. 20

Система отверстия			Система вала		
Посадка		Номинальные размеры	Посадка		Номинальные размеры
Система ОСТ	ЕСДП		Система ОСТ	ЕСДП	
$A_4/Ш_4$	$H11/b11$	От 1 до 18 Св. 200 до 500	$Ш_4/B_4$	$B11/h11$	От 1 до 18 Св. 200 до 500
A_5/C_5	$H12/h12$	От 1 до 500	C_5/B_5	$H12/h12$	От 1 до 500
A_5/X_5	$H12/b12$		X_5/B_5	$B12/h12$	

Варианты обозначения допусков на чертежах приведены на рис. 16. Вариант I рекомендуется применять в период внедрения ЕСДП, а также тогда, когда неизвестны средства контроля размера. Применение

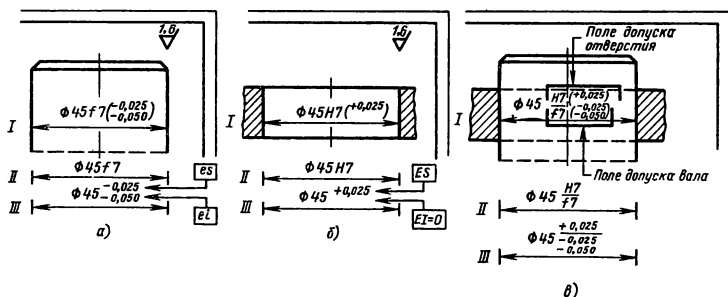


Рис. 16. Варианты (I, II, III) обозначения полей допусков на чертежах: а — вала; б — отверстия; в — соединения вала с отверстием

варианта I обязательно при назначении стандартных предельных отклонений для размеров, не входящих в ряды нормальных линейных размеров [например, $41,5H8 (+0,039)$]; при назначении предельных отклонений, не предусмотренных ГОСТ 25347–82 и ГОСТ 25348–82 [например, $50x10 (\pm 0,197)$].

НЕУКАЗАННЫЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ РАЗМЕРОВ

Если верхние и нижние отклонения не указаны непосредственно после номинального размера, а оговорены общей записью в технических требованиях чертежа, то они называются *неуказанными предельными отклонениями* (см. рис. 1 гл. 1).

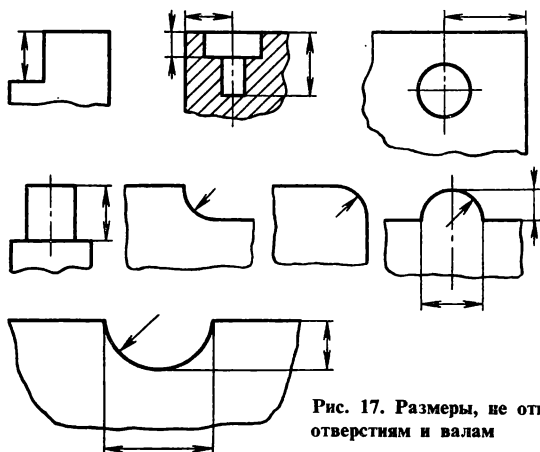


Рис. 17. Размеры, не относящиеся к отверстиям и валам

Для линейных размеров, кроме радиусов закруглений и фасок, не указанные предельные отклонения назначаются:

либо по квалитетам от 11-го до 13-го для размеров менее 1 мм и по квалитетам от 12-го до 17-го для размеров от 1 до 10 000 мм;

либо по специальным классам точности, условно названным «точный», «средний», «грубый» и «очень грубый». Допуски по классам точности обозначают буквой t с индексом 1, 2, 3 и 4. Например, t_2 означает допуск по классу точности «средний».

Неуказанные предельные отклонения для размеров валов назначают в «тело» материала, т. е. односторонними (от номинального размера в минус), например $-IT14$. Это соответствует предельным отклонениям основного вала 14-го квалитета ($h14$). Аналогично для размеров отверстий неуказанные предельные отклонения назначают в «тело» материала тоже односторонними (от номинального размера в плюс), например $+IT14$, что соответствует основному отверстию указанного квалитета $H14$.

Для размеров элементов (рис. 17), не относящихся к валам и отверстиям (например, уступы, глубины, расстояния между осями, расстояния от торцов детали до осей отверстий и т. п.), назначают только симметричные неуказанные предельные отклонения, например $\pm IT14/2$.

Изложенное выше относится к размерам валов и отверстий, неуказанные предельные отклонения размеров которых заданы по классам точности. Тогда (например, для «среднего» класса точности) условные обозначения записывают: для вала ($-t_2$), для отверстия ($+t_2$); и для размеров элементов, не относящихся к отверстиям и валам ($\pm t_2/2$). СТ СЭВ 302-76 предусматривает четыре варианта назначения неуказанных предельных отклонений линейных размеров (табл. 21) для клас-

21. Варианты назначения неуказанных предельных отклонений на примере металлических деталей, обработанных резанием

Вариант	Размеры валов		Размеры отверстий		Размеры элементов, не относящихся к отверстиям и валам
	круглых (диаметры)	остальных	круглых (диаметры)	остальных	
	Сочетание неуказанных предельных отклонений в одной общей записи				
I	−IT14 или h14		+IT14 или H14		$\pm \frac{t_2}{2} \left(\pm \frac{IT14}{2} \right)$
II	−t ₂		+t ₂		$\pm \frac{t_2}{2}$
III	$\pm \frac{t_2}{2}$				
IV	−IT14(h14)	$\pm \frac{t_2}{2}$	+IT14(H14)		$\pm \frac{t_2}{2} \left(\pm \frac{IT14}{2} \right)$

Примечание. В общей записи на чертеже должна быть ссылка на один квалитет, один класс точности или на один квалитет и соответствующий ему класс точности. Допускается назначать симметричные предельные отклонения по квалитетам $\left(\pm \frac{IT14}{2} \right)$

са точности «средний». Вариант *I* является предпочтительным, а вариант *II* применять не рекомендуется. Числовые значения предельных отклонений по классам точности «точный», «средний», «грубый» и «очень грубый» установлены для укрупненных интервалов размеров округлением числовых значений по квалитетам соответственно *IT12*, *IT14*, *IT16* и *IT17* ГОСТ 25670–83 (СТ СЭВ302–76).

Неуказанные предельные отклонения размеров металлических деталей, обработанных резанием, предпочтительно назначают по 14 квалитету или классу точности «средний», их значения приведены в табл. 22.

Пример 10. На чертеже имеется запись: «Неуказанные предельные отклонения размеров: валов *h14*, отверстий *H14* и элементов, не относящихся к валам и отверстиям $\pm \frac{t_2}{2} \left(\pm \frac{IT14}{2} \right)$. Длина детали 150 мм, размер уступа 10 мм. Найти предельные отклонения на размеры 150 и 10 мм.

Размер 150 мм относится к валу, а размер 10 мм – к элементам, не относящимся к валам и отверстиям.

Из табл. 22 для *150h14* выписываем $ei = -1$ мм, $es = 0$; для размера

$10 \pm \frac{t_2}{2}$ соответственно $es = +0,2$ мм, $ei = -0,2$ мм.

22. Неуказанные предельные отклонения размеров по 14-му качеству и классу точности «средний», мм

Номиналь- ный размер		Неуказанные предельные (верхние и нижние) отклонения							
		валов			отверстий			элемен- тов, не от- носящих- ся к валам и отвер- стиям $\pm t_2$	радиусов закругле- ний и фа- сок
		$h14$		$-t_2$	$H14$		$+t_2$		
Св.	До	es	ei	ei	ES	EI	ES		
1	3	0	-0,25	-0,2	+0,25	0	+0,2	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$
3	6	0	-0,3	-0,2	+0,3	0	+0,2	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$
6	10	0	-0,36	-0,4	+0,36	0	+0,4	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
10	18	0	-0,43		+0,43	0			
18	30	0	-0,52		+0,52	0			
30	50	0	-0,62	-0,6	+0,62	0	+0,6	$\pm 0,3$	± 1
50	80	0	-0,74		+0,74	0			
80	120	0	-0,87		+0,87	0			
120	180	0	-1	-1	+1	0	+1	$\pm 0,5$	± 2
180	250	0	-1,15		+1,15	0			
250	315	0	-1,3		+1,3	0			
315	400	0	-1,4	-1,6	+1,4	0	+1,6	$\pm 0,8$	± 4
400	500	0	-1,55		+1,55	0			
500	630	0	-1,75		+1,75	0			
630	800	0	-2		+2	0			
800	1000	0	-2,3		+2,3	0			
1000	1250	0	-2,6	-2,4	+2,6	0	+2,4	$\pm 1,2$	—
1250	1600	0	-3,1		+3,1	0			
1600	2000	0	-3,7		+3,7	0			
2000	2500	0	-4,4	-4	+4,4	0	+4	± 2	
2500	3150	0	-5,4		+5,4	0			
3150	4000	0	-6,6	-6	+6,6	0	+6	± 3	
4000	5000	0	-8		+8	0			

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ПО ФОРМЕ И РАСПОЛОЖЕНИЮ ПОВЕРХНОСТЕЙ. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхности изделий, полученные после окончательной обработки, всегда отличаются от номинальных поверхностей, заданных чертежом и технической документацией как по форме, так и по расположению и, кроме того, имеют шероховатость или ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров. Например, вместо цилиндрического вала получается вал конусообразной или бочкообразной формы, торцовые поверхности которого неперпендикулярны оси вала.

Отклонения формы и расположения поверхностей искажают характер соединения, снижают точность изделия и надежность его работы, повышают трудоемкость сборки. Поэтому все отклонения формы и расположения поверхностей ограничиваются допусками. Нормирована также и шероховатость поверхности. На рабочих чертежах специальными условными обозначениями в необходимых случаях указывают допуски формы и расположения поверхностей и предельные параметры шероховатости в соответствии с ГОСТами (табл. 1).

Отклонения формы и расположения поверхностей принято обозначать буквой греческого алфавита «дельта» Δ , а допуск и поле допуска

1. ГОСТы на допуски формы, расположения и шероховатость поверхности

Стандарт	Наименование
ГОСТ 24642—81 (СТ СЭВ 301—76)	ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения
ГОСТ 24643—81 (СТ СЭВ 636—77)	ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения
ГОСТ 2.308—79 (СТ СЭВ 368—76)	ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей
ГОСТ 25069—81 (СТ СЭВ 1911—79)	ОНВ. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей
ГОСТ 2789—73 (СТ СЭВ 638—77)	Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики
ГОСТ 2.309—73 (СТ СЭВ 1632—79)	ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей
ГОСТ 25142—82 (СТ СЭВ 1156—78)	Шероховатость поверхности. Термины и определения

формы и расположения поверхностей — буквой латинского алфавита *T*. Участок поверхности или линии, к которому относится допуск или отклонение формы или расположения поверхностей, называют нормированным. Нормированный участок обозначают буквой *L* или *l*.

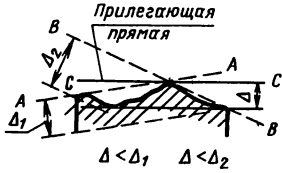
ОТКЛОНЕНИЯ И ДОПУСКИ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Отклонением формы поверхности или профиля называется отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля. *Реальная поверхность* — поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды. *Реальный профиль* — профиль, получаемый при сечении реальной поверхности плоскостью. *Номинальная поверхность* — идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документацией. *Номинальный профиль* — профиль номинальной поверхности. Шероховатость поверхности не включается в отклонение формы, а волнистость включается и нормируется дополнительно, если допуск волнистости меньше допуска формы.

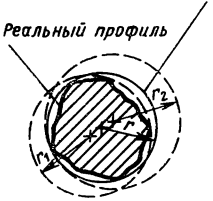
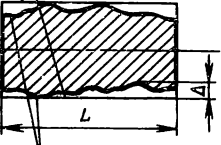
Отсчет отклонений формы поверхности осуществляют от *прилегающей поверхности*, имеющей форму номинальной поверхности, соприкасающейся с реальной поверхностью и расположенной вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Аналогично оценивается отклонение формы профиля.

Определения прилегающих поверхностей и профилей приведены в табл. 2. Параметром для количественной оценки отклонения формы является наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности по нормали к последней. Рассмотрим определение *прилегающей прямой*. К реальному профилю можно провести несколько соприкасающихся с профилем прямых $A - A$, $B - B$ и $C - C$. Эти прямые будут иметь разные отклонения от реального профиля Δ_1 , Δ_2 и Δ . Однако наименьшее отклонение Δ имеет только прямая $C - C$, следовательно, она является прилегающей прямой.

2. Основные виды прилегающих поверхностей и профилей

Эскиз	Определение
 $\Delta < \Delta_1 \quad \Delta < \Delta_2$	Прилегающая прямая — прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение

Продолжение табл. 2

Эскиз	Определение
<i>Прилегающая окружность</i> <i>Реальный профиль</i>  $r < r_1 \quad r < r_2$	Прилегающая плоскость — плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение Прилегающая окружность для вала — окружность минимального диаметра ($2r$), описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения
<i>Реальный профиль</i>  $r > r_1$ <i>Прилегающая окружность</i>	Прилегающая окружность для отверстия — окружность максимального диаметра ($2r$), вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения Прилегающий цилиндр для вала (отверстия) — цилиндр минимального (для отверстия — максимального) диаметра описанный (для отверстия — вписанный) вокруг реальной наружной поверхности (для отверстия — вписанный в реальную внутреннюю поверхность).
<i>Прилегающий профиль</i>  <i>Реальный профиль</i> L Δ	Прилегающий профиль продольного сечения цилиндрической поверхности — две параллельные прямые, соприкасающиеся с реальным профилем и расположенные вне материала детали так, чтобы наибольшее отклонение Δ точек образующей профиля от соответствующей стороны прилегающего профиля имело минимальное значение

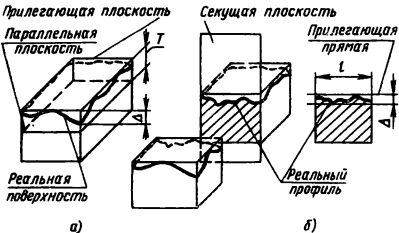
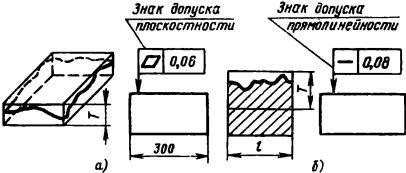
К отклонениям формы относят *отклонение от плоскостности, отклонение от прямолинейности, отклонение от цилиндричности, отклонение профиля продольного сечения и отклонение от круглости*. Кроме того, стандартом предусматриваются частные виды отклонений от плоскостности и прямолинейности — *выпуклость и вогнутость*; частные виды отклонений профиля продольного сечения — *конусообразность, бочкообразность и седлообразность*, и частные виды отклонений от круглости — *овальность и огранка*.

Термины и определения отклонений, допусков и полей допусков формы плоских поверхностей приведены в табл. 3.

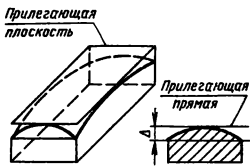
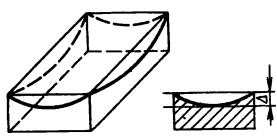
Допуски T плоскостности и прямолинейности приведены в табл. 4. Для каждого вида допусков установлено 16 степеней точности. Числовые значения допусков от одной степени к другой изменяются с коэффициентом возрастания 1,6.

Стандартом рекомендуются следующие уровни относительной гео-

3. Отклонения от плоскостности (прямолинейности) и допуск плоскостности (прямолинейности)

Эскиз	Определение
 а) <i>Отклонение от плоскостности</i> б) <i>Отклонение от прямолинейности</i>	Отклонение от плоскостности (а) [прямолинейности (б)] Δ — наибольшее расстояние от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей плоскости (прямой) в пределах нормируемого участка l
 а) <i>Допуск плоскостности</i> б) <i>Допуск прямолинейности</i>	Допуск плоскостности (а) [прямолинейности (б)] T — наибольшее допускаемое значение отклонения от плоскостности (прямолинейности)
	Поле допуска плоскостности (прямолинейности) — область в пространстве (на плоскости), ограниченная двумя параллельными плоскостями (прямыми), отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску плоскостности (прямолинейности) T

Продолжение табл. 3

Эскиз	Определение
Частные виды отклонений от плоскостности (прямолинейности)	
	Выпуклость Δ — отклонение от плоскостности (от прямолинейности), при котором удаление точек реальной поверхности (профиля) от прилегающей плоскости (прямой) уменьшается от краев к середине
	Вогнутость Δ — отклонение от плоскостности (от прямолинейности), при котором удаление точек реальной поверхности (профиля) от прилегающей плоскости (прямой) увеличиваются от краев к середине

4. Допуски T (мкм) плоскостности и прямолинейности

Степень точности	Номинальная длина нормируемого участка поверхности										
	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000
1	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5
2	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4
3	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6
4	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10
5	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
6	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
7	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
8	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
9	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100
10	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160
11	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250
12	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400
13	60	80	100	120	160	200	250	300	400	500	600
14	100	120	160	200	250	300	400	500	600	800	1000
15	160	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600
16	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2500

метрической точности, которые характеризуются соотношением между допуском формы и допуском размера:

А — нормальная относительная геометрическая точность, когда для допуска формы используется 60 % от допуска размера;

В — повышенная точность, при которой используется 40 % от допуска размера;

С — высокая точность (для допуска формы используется 25 % от допуска размера).

Допуски плоскостности, прямолинейности, соответствующие уровням А, В и С относительной геометрической точности в зависимости от качества допуска размера, приведены в табл. 5.

5. Допуски T (мкм) плоскостности, прямолинейности и параллельности по уровням относительной геометрической точности в зависимости от качества

Квалитет допуска размера	Уровень относительной точности	Номинальные размеры, мм										
		До 3	Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1250
6	А	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
	В	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
	С	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
7	А	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
	В	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
	С	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
8	А	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100
	В	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
	С	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
9	А	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160
	В	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100
	С	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
10	А	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250
	В	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160
	С	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100
11	А	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400
	В	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250
	С	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160
12	А	60	80	100	120	160	200	250	300	400	500	600
	В	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400
	С	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250

6. Примеры назначения степеней точности для плоских и прямолинейных деталей

Степень точности	Применение	Окончательная обработка
1, 2	Измерительные и направляющие поверхности приборов, концевых мер длины, прецизионных станков	Доводка, суперфиниширование, тонкое шабрение
3, 4	Измерительные и рабочие поверхности приборов (микрометров, поверочных плит) и станков высокой точности	Доводка, шабрение и шлифование повышенной точности
5, 6	Направляющие приборов и станков нормальной точности. Рабочие поверхности упорных подшипников	Шлифование, шабрение, обтачивание повышенной точности
7, 8	Разметочные плиты, рабочие поверхности ползунов, упорных подшипников, опорные поверхности рам, корпусов подшипников, станин, разъемы корпусов редукторов	Грубое шлифование, фрезерование, строгание, протягивание, обтачивание
9, 10	Неподвижные стыковые поверхности, опорные поверхности машин пониженной точности, работающих при легких нагрузках, присоединительные поверхности арматуры	Фрезерование, строгание, обтачивание, долбление
11, 12	Неответственные рабочие поверхности машин пониженной точности	Грубая механическая обработка

В табл. 6 даны примеры назначения степеней точности для плоских и прямолинейных изделий.

Для цилиндрических поверхностей наиболее важным и комплексным

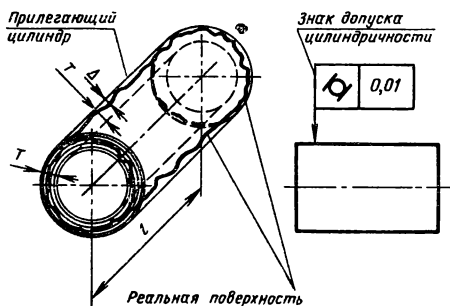
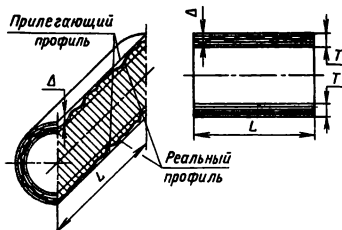
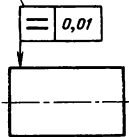


Рис. 1. Отклонение от цилиндричности и допуск цилиндричности (l — длина нормируемого участка)

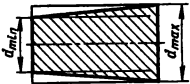
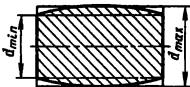
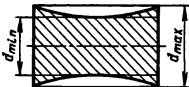
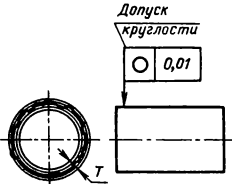
отклонением является *отклонение от цилиндричности* — наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка l (рис. 1).

Допуск цилиндричности T — наибольшее допускаемое отклонение от цилиндричности. *Поле допуска цилиндричности* — область в пространстве, ограниченная двумя соосными цилиндрами, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску цилиндричности T . Для цилиндрических поверхностей рассматриваются отклонения формы в продольном и поперечном (отклонение от круглости) сечениях. Термины и определения отклонений и их допусков приведены в табл. 7, а значения допусков — в табл. 8 и 9.

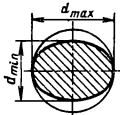
7. Отклонения и допуски формы цилиндрических поверхностей

Эскиз	Определение
	Отклонение профиля продольного сечения — наибольшее расстояние Δ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка
Знак допуска профиля продольного сечения 	Допуск профиля продольного сечения — наибольшее допускаемое значение отклонения профиля продольного сечения
	Поле допуска профиля продольного сечения — области на плоскости, проходящей через ось цилиндрической поверхности, ограниченные двумя парами параллельных прямых, имеющих общую ось симметрии и отстоящих друг от друга на расстоянии, равном допуску профиля продольного сечения T.

Продолжение табл. 7

Эскиз	Определение
<i>Частные виды отклонений профиля продольного сечения</i>	
	Конусообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но непараллельны
	Бочкообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения
	Седлообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения
	Отклонение от круглости — наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности
	Допуск круглости T — наибольшее допускаемое значение отклонения от круглости
	Поле допуска круглости — область на плоскости, перпендикулярной оси поверхности вращения или проходящей через центр сферы, ограниченная двумя концентрическими окружностями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску круглости T

Продолжение табл. 7

Эскиз	Определение
<i>Частные виды отклонений от круглости</i>	
	Овальность — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях
	Огранка — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Огранка подразделяется по числу граней

Примечание. При необходимости допуски частных видов отклонений от круглости указывают текстом в технических требованиях, например: «Допуск овальности поверхности A $0,01$ мм»

8. Допуски T (мкм) цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения

Степень точности	Номинальный диаметр поверхности, мм										
	До 3	Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600
1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3
2	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5
3	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
4	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
6	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30
7	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
8	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
9	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120
10	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200
11	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300
12	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400	500
13	80	100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
14	120	160	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200
15	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000
16	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2500	3000

9. Допуски T (мкм) формы цилиндрических поверхностей по уровням относительной геометрической точности в зависимости от качества

Квали- тет допуска размера	Уро- вень геомет- риче- ской точ- ности	Сте- пень точ- ности	Номинальные размеры, мм									
			До 3	Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000
5	A	4	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10
	B	3	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6
	C	2	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4
6	A	5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
	B	4	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10
	C	3	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6
7	A	6	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
	B	5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
	C	4	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10
8	A	7	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
	B	6	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
	C	5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
9	A	8	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
	B	7	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
	C	6	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
10	A	9	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100
	B	8	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
	C	7	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
11	A	10	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160
	B	9	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100
	C	8	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60

Пример 1. По допуску плоскостности, указанному на эскизе *a* табл. 3, определить степень точности изделия и указать ориентировочно способ окончательной обработки, обеспечивающий получение заданной точности.

Допуск плоскостности равен 0,06 мм или 60 мкм на длине нормируемого участка 300 мм (он лежит в интервале «Св. 250 до 400 мм»). Согласно табл. 4 допуск 60 мкм соответствует 9-й степени точности. Способ окончательной обработки, согласно табл. 6 — фрезерование и строгание.

10. Примеры назначения степеней точности для цилиндрических поверхностей

Степень точности	Применение	Окончательная обработка
1, 2	Ролики для подшипников 2-го класса точности, поверхности деталей плунжерных и золотниковых пар	Доводка, тонкое шлифование, алмазное растачивание повышенной точности
3, 4	Посадочные поверхности подшипников 4-го и 5-го классов точности и сопрягаемые с ними поверхности валов и корпусов, поверхности поршневых пальцев, плунжеры	Доводка, хонингование, тонкое шлифование, алмазное растачивание, тонкое обтачивание и растачивание высокой точности
5, 6	Посадочные поверхности подшипников 6-го и 0-го классов точности, и сопрягаемые с ними поверхности, валы редукторов, поршневые пальцы дизелей	Шлифование, хонингование, чистовое обтачивание и растачивание, тонкое развертывание, протягивание
7, 8	Подшипники скольжения гидротурбин, двигателей, редукторов, отверстия под втулки в шатунах двигателей	Чистовое точение и растачивание, развертывание, протягивание, зенкерование
9, 10	Подшипники скольжения при малых частотах вращения, поршневые кольца дизелей	Обтачивание и растачивание, сверление

Допуски формы цилиндрических поверхностей установлены в зависимости от интервала размеров и степени точности. ГОСТ 24643—81 предусматривает 16 степеней точности: с 1 по 16 в порядке уменьшения точности. 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. 9, примеры назначения допусков формы в зависимости от степени точности — в табл. 10. 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.

Конусообразность, бочкообразность, седлообразность и овальность количественно оценивают по формуле

$$\Delta = (d_{\max} - d_{\min})/2, \quad (1)$$

где $d_{\max}$ и $d_{\min}$ — наибольший и наименьший диаметры (см. табл. 7).

Пример 2. Для обеспечения надежности работы вала 100h7 рекомендуется назначить допуск цилиндричности по уровню А — нормальной относительной геометрической точности. Найти допуск цилиндричности и обозначить его на чертеже детали.

По табл. 9 определяем, что для допуска размера по 7-му квалитету и уровня геометрической точности А должна быть назначена 6-я степень точности формы с допуском цилиндричности 10 мкм. Допуск находим при пересечении горизонтальной графы «7-й квалитет, уровень точности А и 6-я степень точности» с вертикальной графой интервала размеров «Св. 50 до 120» мм.

ОТКЛОНЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ДОПУСКИ

Отклонением расположения называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. *Элемент* — обобщенный термин, под которым в зависимости от соответствующих условий понимают поверхность, линию, точку. Под *номинальным расположением* понимают расположение рассматриваемого элемента (поверхности или профиля), определяемое номинальными линейными и угловыми размерами между ним и базами или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы. *База* — элемент детали (или сочетание их), определяющий одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение расположения рассматриваемого элемента. Базами являются, например, плоскость симметрии, ось базовой поверхности, плоскость, ось поверхности вращения, ось нескольких поверхностей вращения.

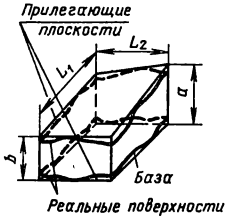
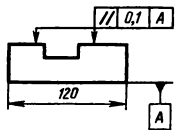
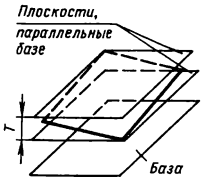
При оценке величины отклонений расположения из рассмотрения исключаются отклонения формы рассматриваемых и базовых элементов. Для этого реальные поверхности и профили заменяются прилегающими (табл. 2), а за оси, плоскости симметрии и центры реальных поверхностей принимают оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов.

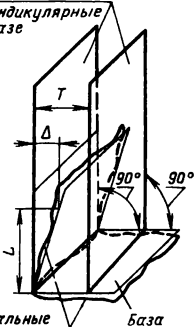
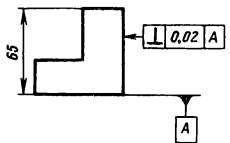
Определение некоторых отклонений расположения по ГОСТ 24642—81 даны в табл. 11.

Допуском расположения называется предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения. Для соосности, симметричности, пересечения осей и позиционного допуска допуск расположения может быть задан в радиусном или диаметрально выражен. Значения допусков расположения приведены в табл. 12 и 13.

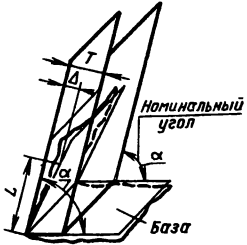
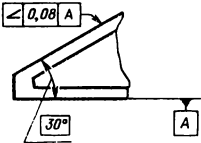
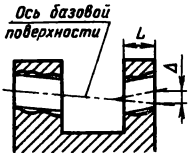
Пример 3. В табл. 11 задан допуск соосности отверстия $\varnothing 20H7$ относительно оси базового отверстия $\varnothing 25H7$, равный $\varnothing 0,06$ мм (в диаметрально выражении, как указывает знак $\varnothing$). Задать этот допуск

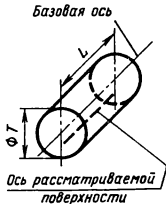
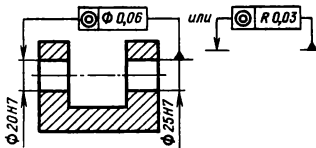
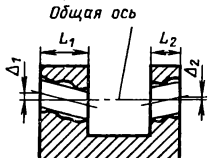
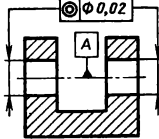
11. Отклонения и допуски расположения поверхностей

Эскиз	Определение	Обозначение или запись на чертеже
 Прилегающие плоскости L_1 L_2 a База Реальные поверхности	Отклонение от параллельности плоскостей — разность $\Delta = a - b$ наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка	Допуск параллельности каждой поверхности относительно поверхности A равен 0,1 мм 
 Плоскости, параллельные базе T База	Допуск параллельности T — наибольшее допускаемое значение отклонения от параллельности	
	Поле допуска параллельности плоскостей — область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску параллельности T, и параллельными базовой плоскости	

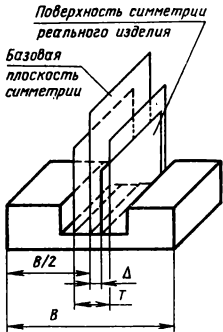
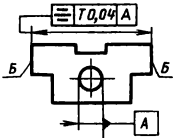
Эскиз	Определение	Обозначение или запись на чертеже
Плоскости, перпендикулярные базе  Реальные поверхности База	Отклонение от перпендикулярности плоскостей — отклонение Δ угла между плоскостями от 90°, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка L. Допуск перпендикулярности T — наибольшее допускаемое значение отклонения от перпендикулярности	Допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности A равен 0,02 мм 
—	Поле допуска перпендикулярности плоскостей — область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску перпендикулярности T, и перпендикулярными базовой плоскости	

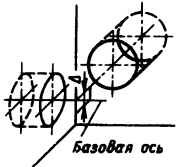
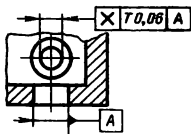
Продолжение табл. 11

Эскиз	Определение	Обозначение или запись на чертеже
	Отклонение наклона плоскости относительно плоскости или оси — отклонение угла между плоскостью и базовой плоскостью или базовой осью (прямой) от номинального угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка Допуск наклона T — наибольшее допускаемое значение отклонения наклона	Допуск наклона поверхности относительно поверхности A равен 0,08 мм 
—	Поле допуска наклона — область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску наклона T, и расположенными под номинальным углом к базовой плоскости или оси	
	Отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности — наибольшее расстояние Δ между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка L	

Эскиз	Определение	Обозначение или запись на чертеже
	Допуск соосности в диаметральном выражении — удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения от соосности. Поле допуска соосности — область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен допуску T, а ось совпадает с базовой осью. На чертеже обозначают знаком $\oslash$	Допуск соосности отверстия $\oslash 20H7$ относительно оси базового отверстия $\oslash 25H7$ равен $\oslash 0,06$ мм 
	Допуск соосности в радиусном выражении — наибольшее допускаемое значение отклонения от соосности. Поле допуска — область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен удвоенному допуску соосности в радиусном выражении R, а ось совпадает с базовой осью. На чертеже ставится знак R перед числовым значением допуска. Примечание. Допуск соосности предпочтительно указывать в диаметральном выражении	
	Отклонение от соосности относительно общей оси — наибольшее расстояние ($\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta$) между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей на длине нормируемого участка	Допуск соосности отверстий относительно общей оси равен $\oslash 0,02$ мм 

Продолжение табл. 11

Эскиз	Определение	Обозначение или запись на чертеже
	Отклонение от симметричности относительно базового элемента — наибольшее расстояние Δ между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента и плоскостью симметрии базового элемента в пределах нормируемого участка Допуск симметричности в диаметрально выраженном — удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения от симметричности Допуск симметричности в радиусном выражении — наибольшее допускаемое значение отклонения от симметричности	Допуск симметричности поверхностей <i>Б</i> относительно оси отверстия равен $T0,04$ мм 
	Поле допуска симметричности — область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску симметричности в диаметрально выраженном T или удвоенному допуску симметричности в радиусном выражении $T/2$, и симметричная относительно базовой плоскости симметрии или базовой оси	

Эскиз	Определение	Обозначение или запись на чертеже
	Отклонение от пересечения осей — наименьшее расстояние Δ между осями, номинально пересекающимися	
	Допуск пересечения осей: 1. В <i>диаметральном выражении</i> — удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения от пересечения осей 2. В <i>радиусном выражении</i> — наибольшее допускаемое значение отклонения от пересечения осей	Допуск пересечения осей отверстий равен $T\ 0,06$ мм

12. Допуски T (мкм) параллельности, перпендикулярности, наклона, торцового и полного торцового биения

Сте- пень точно- сти	Номинальная длина нормируемого участка поверхности, мм										
	Номинальный диаметр торцовой поверхности, мм										
	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000
1	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4
2	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6
3	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10
4	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
5	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
6	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
7	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
8	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100
9	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160
10	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250
11	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400
12	60	80	100	120	160	200	250	300	400	500	600
13	100	120	160	200	250	300	400	500	600	800	1000
14	160	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600
15	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2500
16	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000

13. Допуски T (мкм) соосности, симметричности и пересечения осей в радиусном выражении

Сте- пень точно- сти	Номинальный размер (диаметр) рассматриваемой поверхности, мм										
	До 3	Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600
	До 3	Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600
1	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4
2	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6
3	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10
4	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
5	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
6	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
7	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
8	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100
9	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160
10	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250
11	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400
12	60	80	100	120	160	200	250	300	400	500	600
13	100	120	160	200	250	300	400	500	600	800	1000
14	160	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600
15	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2500
16	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000

в радиусном выражении. По табл. 14 для интервала диаметров свыше 18 до 30 мм находим степень точности соосности, равную 9. Согласно табл. 13 определяем для 9-й степени точности допуск соосности в радиусном выражении, он равен 30 мкм или 0,03 мм. В рамку на эскизе вместо $\varnothing 0,06$ вписываем R0,03.

Поле допуска расположения называется область в пространстве или на заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяется значением допуска, а расположение относительно баз определяется номинальным расположением рассматриваемого элемента.

СУММАРНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ, ИХ ДОПУСКИ

Суммарным отклонением формы и расположения называется отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонений формы и расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно заданных баз. Суммарный допуск формы и расположения – предел, ограничивающий допускаемое значение суммарного отклонения формы и расположения.

Рассмотрим все виды биений. *Радиальное биение* – разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рис. 2, а). Допуск T радиального биения – наибольшее допускаемое значение радиального биения. Поле допуска радиального биения – область на плоскости, перпендикулярной базовой оси, ограниченная двумя концентрическими окружностями с центром, лежащим на базовой оси, и отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску радиального биения T . Это биение – результат совместного проявления эксцентриситета и отклонения от круглости, выявляемых при повороте изделия вокруг базовой оси на 360° .

Торцовое биение – разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис. 2, б). Допуск T торцового биения – наибольшее допускаемое значение торцового биения. Поле допуска – область на боковой поверхности цилиндра, диаметр которого равен заданному или любому (в том числе и наибольшему) диаметру торцовой поверхности, а ось цилиндра совпадает с базовой осью. Боковая поверхность цилиндра ограничена двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску торцового биения T и перпендикулярными базовой оси. Это биение является результатом совместного проявления отклонений от перпендикулярности и плоскостности, выявляется при повороте изделия на 360° .

Пример обозначения радиального и торцового биений на чертеже приведен на рис. 2, в.

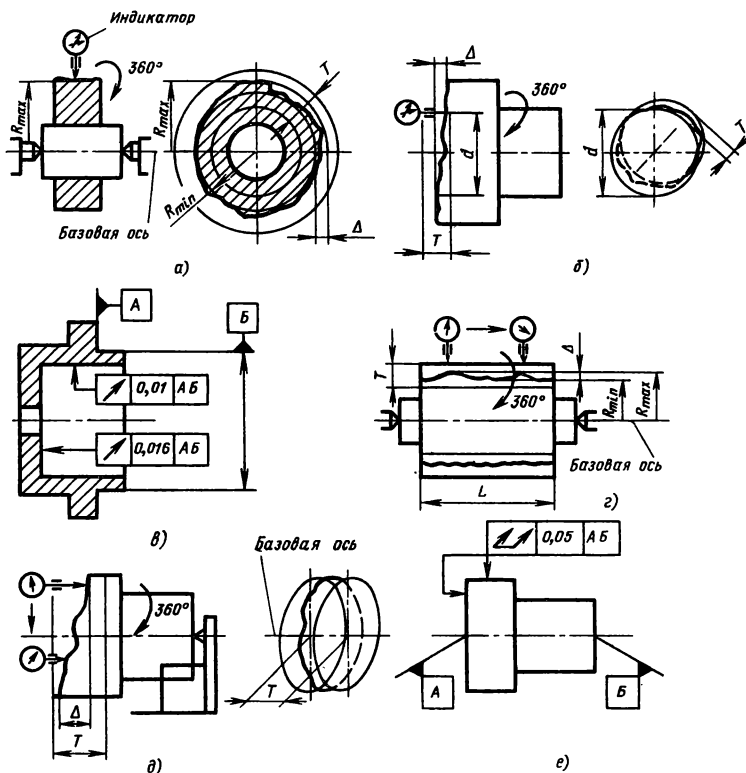


Рис. 2. Суммарные отклонения и допуск формы и расположения поверхностей

Полное радиальное биение — разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси (рис. 2, г). Допуск полного радиального биения — наибольшее допускаемое значение полного радиального биения. Поле допуска — область в пространстве, ограниченная двумя цилиндрами, оси которых совпадают с базовой осью, а боковые поверхности отстоят друг от друга на расстоянии, равном допуску полного радиального биения T . Это биение является результатом совместного проявления отклонений от цилиндричности и соосности.

Полное торцовое биение — разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис. 2, д). Допуск полного торцового биения — наибольшее допускаемое значение полного торцового биения. Поле допуска — область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии, рав-

14. Допуски T (мкм) радиального и полного радиального биения.**Допуски соосности, симметричности, пересечения осей в диаметральном выражении**

Сте- пень точно- сти	Номинальный диаметр (размер), мм										
	До 3	Св. 3	Св. 10	Св. 18	Св. 30	Св. 50	Св. 120	Св. 250	Св. 400	Св. 630	Св. 1000
		до 10	до 18	до 30	до 50	до 120	до 250	до 400	до 630	до 1000	до 1600
1	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
2	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
3	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
4	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30
5	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
7	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120
8	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200
9	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300
10	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400	500
11	80	100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
12	120	160	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200
13	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000
14	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2500	3000
15	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000
16	800	1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000

ном допуску полного торцового биения T , и перпендикулярными базовой оси. Это отклонение — результат совместного проявления отклонений от плоскостности и от перпендикулярности.

Значения допусков торцового и полного торцового биений приведены в табл. 12, а радиального и полного радиального биений — в табл. 14. Пример обозначения полных биений на чертеже дан на рис. 2, е.

Допуск расположения или формы может быть *независимым* или *зависимым*. *Независимый допуск* — допуск, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей и который не зависит от действительного размера рассматриваемого или базового элемента. Его числовое значение постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по чертежу.

Зависимый допуск — переменный допуск расположения или формы, минимальное значение которого $T_{\min}$ указывается в чертеже или технических требованиях и который допускается превышать на величину $T_{\text{доп}}$, соответствующую отклонению действительного размера рассматриваемого и (или) базового элемента данной детали от проходного предела¹. Полное значение зависимого допуска расположения для дан-

¹ Согласно ГОСТ 25346—82 проходной предел — термин, применяемый к тому из двух предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, т. е. наибольшему предельному размеру вала или наименьшему предельному размеру отверстия.

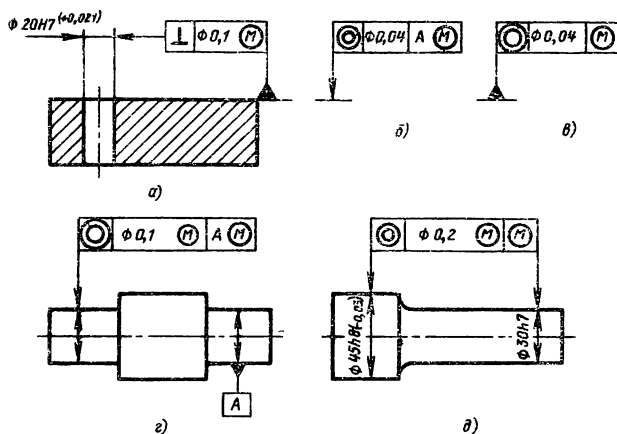


Рис. 3. Условные знаки обозначения на чертежах зависимых допусков формы или расположения

ной детали

$$T_{\text{зав}} = T_{\text{min}} + T_{\text{доп}} \quad (2)$$

Зависимый допуск разрешается превышать на величину предельных отклонений вала или отверстия. Примером зависимого допуска является допуск на межосевое расстояние отверстий или на смещение осей отверстий от номинального расположения в том случае, если отверстия предназначены для установки в них болтов или штифтов, шпилек и т. п. и точность соединения должна обеспечить сборку изделия.

Зависимый допуск формы или расположения на чертеже обозначают условным знаком $\textcircled{M}$, который помещают:

после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента (рис. 3, а);

после буквенного обозначения базы (рис. 3, б) или без буквенного обозначения базы в третьем поле рамки (рис. 3, в), если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента;

после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (рис. 3, г) или без буквенного обозначения базы (рис. 3, д), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элемента.

Пример 4. Определить зависимый допуск перпендикулярности, приведенный на рис. 3, а.

Минимальное значение допуска перпендикулярности $T_{\text{min}} = 0,1$ мм. Максимальное значение дополнительного допуска $T_{\text{доп}}$ равно допуску отверстия $IT7 = 0,021$ мм. Величина зависимого допуска по формуле (2) $T_{\text{зав}} = 0,1 + 0,021 = 0,121$ мм. Это означает, что положение действи-

тельной (реальной) оси отверстия ограничено цилиндром, диаметр которого равен зависимому допуску $T_{\text{зав}} = 0,121$ мм.

Пример 5. Определить зависимый допуск соосности поверхности вала $\varnothing 30h7$ относительно другой поверхности $\varnothing 45h8$, показанный на рис. 3, д. Условие зависимого допуска распространяется на обе поверхности.

Минимальный допуск $T_{\text{min}} = 0,2$ мм. Дополнительные допуски первой поверхности $IT7 = 0,021$ мм, второй $IT8 = 0,039$ мм (табл. 4, гл. 2). Величина зависимого допуска $T_{\text{зав}} = 0,2 + (0,021 + 0,039) = 0,26$ мм.

Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей нормированы ГОСТ 25069–81. Для плоскостности, прямолинейности, цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения и параллельности допускаются любые отклонения в пределах поля допуска размера рассматриваемой поверхности. Правило действует независимо от ссылок на стандарт. Неустановленные допуски предусмотрены на перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечение осей, торцовое и радиальное биения. Выбор неуказанных допусков для перечисленных отклонений проводится по допуску размера. При этом в чертеже дается ссылка, например: «*Неуказанные допуски соосности и симметричности по ГОСТ 25069–81*». Наклон, полные биения – неуказанные допуски не установлены.

ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ

Знак и числовое значение допуска формы и расположения, а также обозначение базы вписывают в рамку, разделенную на два или три поля. На первом поле указывают знак, на втором – значение допуска в миллиметрах, на третьем – поле, при необходимости вписывают буквенное обозначение базы. Рамку соединяют при помощи линий с контурной линией изделия или с выносной линией. Базу обозначают зачерненным треугольником, которой соединяют с рамкой.

Если допуск формы и расположения дан текстом, то он должен содержать наименование допуска; указание поверхности или другого элемента, для которого задается допуск; числовое значение допуска в миллиметрах и указание базы, относительно которой задан допуск (отдельно оговариваются зависимые допуски формы и расположения).

Перед значением допуска вписывают символ $\varnothing$ при диаметральном выражении допуска, символ R – при радиусном выражении, символ T – при диаметральном выражении поля допуска симметричности и пересечения осей, ограниченного двумя параллельными прямыми или плоскостями, символ $T/2$ – при радиусном выражении указанных допусков.

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

На обработанной поверхности детали резанием (например, точением, строганием, шлифованием и т. п.) остаются следы режущих кромок инструмента в виде неровностей. Эти неровности легко можно увидеть

нии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности. *Шаг неровностей* — отрезок средней линии профиля, ограничивающий неровность профиля (т. е. выступ профиля и сопряженную с ним впадину профиля). Количественная оценка шероховатости поверхности производится от *средней линии профиля* t — базовой линии, имеющей форму номинального профиля и проведенной так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля (y_i — расстояние между любой точкой профиля и средней линией) до этой линии минимально (рис. 4, з).

ГОСТ 2789—73 установлено шесть параметров шероховатости, которые можно подразделить на следующие три группы: *высотные*, связанные с высотными свойствами неровностей; *шаговые*, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля, и *опорные*, связанные с формой неровностей профиля. Обозначение параметров шероховатостей, их определение и расчетные формулы приведены в табл. 15, а числовые значения параметров — в табл. 16.

15. Параметры шероховатости поверхности (см. рис. 4.)

Наименование	Определение
Параметры, связанные с высотными свойствами неровностей	
<i>Высота неровностей по десяти точкам R_z</i>	Сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины (рис. 4, з) $R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi} }{5},$ где y_{pi} — высота i-го наибольшего выступа профиля, определяемая расстоянием от средней линии профиля до высшей точки выступа; y_{vi} — глубина i-й наибольшей впадины профиля, определяемая расстоянием от средней линии до низшей точки впадины профиля
<i>Среднее арифметическое отклонение профиля R_a</i>	Среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины $R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i ,$ где n — число выбранных точек профиля на базовой длине; отклонение профиля y_i — расстояние между точкой профиля и базовой (средней) линией

Продолжение табл. 15

Наименование	Определение
<i>Наибольшая высота неровностей профиля $R_{\max}$</i>	Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины, или сумма высоты наибольшего выступа профиля R_p (расстояние от средней линии до высшей точки профиля) и глубины наибольшей впадины профиля R_f (расстояние от низшей точки профиля до средней линии в пределах базовой длины) $R_{\max} = R_p + R_f$

**Параметры, связанные со свойствами неровностей
в направлении длины профиля**

<i>Средний шаг неровностей профиля S_m</i>	Среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины $S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi},$ где S_{mi} — i-й шаг неровностей — отрезок средней линии профиля, содержащей неровность профиля; n — число шагов неровностей профиля
<i>Средний шаг местных выступов профиля S</i>	Среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины, $S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i,$ где S_i — i-й шаг местных выступов профиля — отрезок средней линии между проекциями на нее наивысших точек соседних местных выступов профиля; n — число шагов местных выступов

Параметр, связанный с формой неровностей профиля

<i>Относительная опорная длина профиля t_p</i>	Отношение опорной длины профиля к базовой длине $t_p = \frac{\eta_p}{l},$ где опорная длина профиля η_p — сумма длин отрезков b_i, отсекаемых на заданном уровне p в материале профиля линией, эквидистантной средней линии m в пределах базовой длины l; p — уровень сечения профиля, т. е. расстояние между линией выступов и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов (или средней линии) профиля, выраженное в процентах от $R_{\max}$: $\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i.$
---	---

16. Числовые значения параметров шероховатости (по ГОСТ 2789—73)

Высотные параметры, мкм				Шаговые параметры, мм				
$R_z, R_{\max}$	$R_a, R_z, R_{\max}$			R_a		S_m, S		
—	1000	100	10	1,00	—	10	1,00	0,100
—	800	80	8	0,80	—	8	0,80	0,080
—	630	63	6,3	0,63	—	6,3	0,63	0,063
—	500	50	5	0,50	—	5	0,5	0,050
—	400	40	4	0,40	—	4	0,4	0,040
—	320	32	3,2	0,32	—	3,2	0,32	0,032
—	250	25	2,5	0,25	—	2,5	0,25	0,025
—	200	20	2	0,20	0,020	2	0,20	0,020
1600	160	16	1,6	0,16	0,016	1,6	0,16	0,016
1250	125	12,5	1,25	0,125	0,012	1,25	0,125	0,0125

Примечания. 1. В рамки заключены предпочтительные значения параметров шероховатости R_a, R_z и $R_{\max}$

2. Базовая длина l , мм: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8 и 25.

3. Относительная опорная длина профиля f_p , %: 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90.

4. Уровень сечения p в % от $R_{\max}$: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90.

17. Соотношение значений параметров Ra , Rz и $R_{\max}$ и базовой длины l

Параметр Ra , мкм		Параметры Rz и $R_{\max}$, мкм		Базовая длина l , мм
Св.	До	Св.	До	
—	0,025	—	0,10	0,08
0,025	0,4	0,10	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

Шероховатость поверхности нормируют и оценивают одним или несколькими из перечисленных шести параметров. При выборе базовой длины руководствуются табл. 17.

Термины и определения по шероховатости поверхностей определены ГОСТ 25142—82 (СТ СЭВ 1156—78). При рассмотрении профиля поверхности различают впадины, выступы профиля и неровности профиля (рис. 4, в).

Местный выступ профиля — часть профиля, расположенная между двумя соседними минимумами профиля. **Местная впадина** — часть профиля, расположенная между двумя соседними максимумами профиля. Сопряжение местного выступа с местной впадиной дает **местную неровность**. Параметры шероховатости принято оценивать на базовой длине, поэтому неровность профиля рассматривают как выступ профиля и сопряженную с ним впадину.

Выступ профиля — часть профиля, соединяющая две соседние точки

18. Выбор параметров шероховатости в зависимости от эксплуатационных свойств поверхности детали

Условия работы поверхности детали	Параметры шероховатости
Испытывают трение скольжения и качения; подвержены изнашиванию; должны быть износостойкими	$Ra(Rz), t_p$
Испытывают контактные напряжения; должны иметь высокую контактную жесткость и прочность	$Ra(Rz), t_p$
Испытывают переменные нагрузки; должны иметь виброустойчивость и прочность при циклических нагрузках	$R_{\max}, Sm(S)$
Образуют герметичные соединения деталей	$Ra(Rz), t_p$
Обеспечивают неподвижность соединенных деталей, например, в соединениях с натягом	$Ra(Rz)$

19. Максимальное значение среднего арифметического отклонения профиля R_a (мкм) в зависимости от допуска размера и формы

Допуск размера по кавалитетам	Допуск формы от допуска размера, %	Номинальные размеры, мм			
		До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
<i>IT5</i>	100	0,4	0,8	1,6	1,6
	60	0,2	0,4	0,8	0,8
	40	0,1	0,2	0,4	0,4
<i>IT6</i>	100	0,8	1,6	1,6	3,2
	60	0,4	0,8	0,8	1,6
	40	0,2	0,4	0,4	0,8
<i>IT7</i>	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	1,6	3,2
	40	0,4	0,8	0,8	1,6
<i>IT8</i>	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	3,2	3,2
	40	0,4	0,8	1,6	1,6
<i>IT9</i>	100 и 60	3,2	3,2	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
<i>IT10</i>	100 и 60	3,2	6,3	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
<i>IT11</i>	100 и 60	6,3	6,3	12,5	12,5
	40	3,2	3,2	6,3	6,3
	25	1,6	1,6	3,2	3,2
<i>IT12, IT13</i>	100 и 60	12,5	12,5	25	25
	40	6,3	6,3	12,5	12,5
<i>IT14, IT15</i>	100 и 60	12,5	25	50	50
	40	12,5	12,5	25	25

пересечения его со средней линией профиля, направленная из тела. На рис. 4, в выступ профиля показан утолщенной линией.

Впадина профиля — часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная в тело.

Параметры шероховатости выбирают с учетом условий работы детали и необходимой точности соединения, требований к внешнему виду и других факторов. Параметры шероховатости, определяющие наиболее важные эксплуатационные свойства поверхности, приведены в табл. 18.

Шероховатость поверхностей зависит от технологического процесса и особенно от конкретного вида окончательной обработки детали. Шероховатость (параметр Ra) связана с точностью изготовления детали. Чем меньше квалитет (уже поле допуска), тем более высокие требования предъявляют к шероховатости.

Так, при полустистовом круглом шлифовании детали с допуском по 8—9 квалитетам назначают шероховатость по параметру $Ra = 3,2$ мкм. При тонком шлифовании точность изготовления повышается до 6—7 квалитетов, а параметр Ra не должен превышать 0,2 мкм.

Пример 6. На чертеже вала проставлен размер 30р6, но отсутствует параметр шероховатости. Известно, что вал будет соединяться с деталью с натягом. Выбрать параметр шероховатости и указать его числовое значение, назначить вид окончательной обработки вала.

Согласно табл. 18 для вала, предназначенного для соединения с натягом, назначаются параметры шероховатости Ra или Rz . Выбираем Ra . По известному квалитету точности, номинальному размеру вала по табл. 19 определяем числовое значение Ra . Для рассматриваемого случая могут быть выбраны значения 1,6; 0,8 и 0,4 мкм. Для посадки с натягом должно быть ограничено отклонение формы и расположения поверхностей, поэтому выбираем $Ra = 0,8$ мкм. Требования по точности и шероховатости выполняются при тонком точении, чистовом шлифовании или притирке. Выбираем чистовое шлифование.

ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех поверхностей изделия, кроме тех поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции. В зависимости от выбранного вида обработки установлено три знака обозначения шероховатости поверхности: предпочтительный знак (рис. 5, а), когда вид механической обработки не установлен; знак образования поверхности посредством удаления слоя материала, например точением, фрезерованием, шлифованием, полированием и т. п. (рис. 5, б), и знак поверхности, полученной литьем, ковкой, прокатом, штамповкой и т. п., т. е. без удаления слоя материала (рис. 5, в). Последний знак обозначает также поверхности, к обработке которых требования не установлены.

Значения параметра шероховатости указывают над знаком обозначения шероховатости (рис. 5, г) тремя способами:

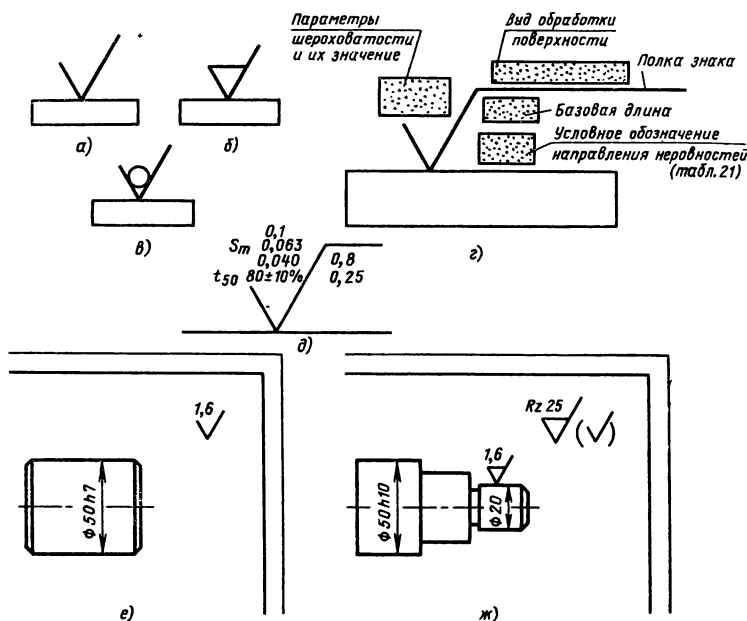


Рис. 5. Знаки обозначения шероховатости на чертежах

1) указывают наибольшие допустимые значения параметра после соответствующего символа, например $R_{\max} 6,3$; $S_m 0,63$; $t_{50} 70$; $S 0,032$; $R_z 32$; параметр R_a указывают без символа, например $0,5$;

2) числовые значения параметров указывают по диапазону их значений, размещая пределы значений параметра в две строки, например:

$1,00$; $R_z 0,080$; $R_{\max} 0,80$; $t_{50} 50$
 $0,63$ $0,032$ $0,32$ 70

3) указывают номинальное значение параметра с предельными отклонениями по ГОСТ 2789—73, например: $1 \pm 20\%$; $R_z 80_{-10}\%$; $S_m 0,63^{+20}\%$; $t_{50} 70 \pm 40\%$ и т. п.

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке: параметр высоты неровностей, параметр шага и относительную опорную длину профиля (рис. 5, д). При выборе высотных параметров предпочтительным является параметр R_a .

На полке знака шероховатости указывают вид обработки поверхности только в тех случаях, когда он является единственным, применяемым для получения требуемого качества поверхности.

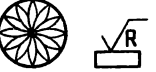
Под полкой указывают базовую длину только тогда, когда высотные параметры R_a и R_z определяются в пределах базовой длины, отличающейся от указанной в табл. 17.

Условные обозначения направления неровностей, приведенные в табл. 20, приводят на чертеже только в случае необходимости.

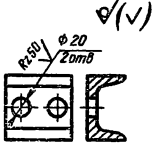
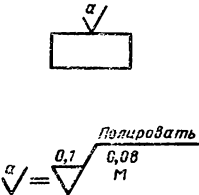
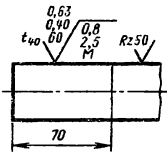
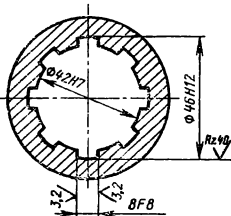
При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение знака шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении детали не наносят (рис. 5, е).

Если часть поверхностей изделия имеет параметры шероховатости, отличные от параметров шероховатости других поверхностей, то в верхнем правом углу чертежа помещают знак одинаковой шероховатости и правее этого знака в скобках условный знак шероховатости. На чертеже детали помещают знак с параметрами шероховатости тех поверхностей, которые имеют шероховатость, отличную от шероховатости остальных поверхностей (рис. 5, ж).

20. Типы направлений неровностей поверхности и их обозначения

Обозначение	Направление неровностей
Параллельное 	Параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Перпендикулярное 	Перпендикулярно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Перекрещивающееся 	Перекрещивание в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность
Произвольное 	Различные направления по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность
Кругообразное 	Приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности
Радиальное 	Приблизительно радиально по отношению к центру поверхности

21. Примеры обозначения шероховатости на чертежах

Обозначение	Пояснения
	Все поверхности, за исключением отверстий, не подлежат обработке по данному чертежу. Необрабатываемые поверхности обозначены знаком (см. рис. 5, в), который вынесен в правый верхний угол чертежа перед знаком шероховатости в скобках. Шероховатость отверстий обозначена параметром R_z, который должен быть не более 50 мкм
	Упрощенное изображение шероховатости поверхности на чертеже с применением знака (см. рис. 5, б) и строчными буквами русского алфавита. В технических требованиях чертежа дается разъяснение, что поверхность должна быть образована удалением слоя материала при завершающем виде обработки — полировании при обеспечении параметра R_a не более 0,1 мкм на базовой длине 0,08 мм. Направление неровностей — произвольное (см. табл. 20)
	Участки поверхности имеют разную шероховатость. Они разграничены сплошной тонкой линией. На участке длиной 70 мм указаны наибольшее (0,63 мкм) и наименьшее (0,4 мкм) допустимые значения параметра R_a, определяемые на базовой длине l, равной 0,8 мм; указан также второй параметр t_p — относительная опорная длина профиля, которая при уровне сечения профиля 40 % не должна быть меньше 60 % и должна определяться на базовой длине, равной 2,5 мм. Указанные требования шероховатости могут быть выполнены при тонком точении, тонком шлифовании, доводке и притирке
	Ширина паза шлицевой втулки является поверхностью повторяющегося элемента, поэтому обозначение шероховатости на чертеже наносят один раз, независимо от числа изображений паза. Это правило относится и к обозначению шероховатости элементов изделия, повторяющихся на чертеже, например к изображению нескольких одинаковых отверстий, пазов, зубьев и т. п.

Продолжение табл. 21

Обозначение	Пояснения
	Шероховатость рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т. п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности. Параметр Ra для зубьев зубчатых колес должен быть не более 2,5 мкм, обеспечивается при зубонарезании червячной модульной фрезой. Шероховатость зубьев шлицевого вала по параметру Rz на базовой длине 0,8 мм должна быть не более 12,5 мкм
	Обозначение шероховатости резьбы, когда на чертеже изображен ее профиль. Параметр Ra не более 4 мкм на базовой длине 0,25 мм
	Шероховатость поверхности профиля резьбы, профиль которой на чертеже не показан. Как правило, обозначение шероховатости резьбы указывают на выносной линии для размера резьбы или на продолжении размерной линии

Примеры обозначения шероховатости на чертежах приведены в табл. 21

ВОЛНИСТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Волнистость поверхности — это периодически повторяющиеся неровности, у которых расстояние между вершинами выступов или углублениями впадин больше базовой длины l . Волнистость занимает промежуточное положение между отклонениями формы и шероховатостью поверхности, она оказывает влияние на надежность работы изделий

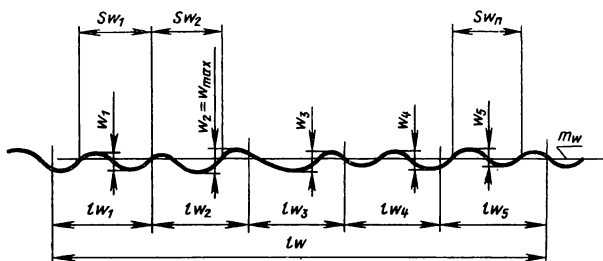


Рис. 6. Параметры волнистости поверхности:

l_w — участок измерения; S_w — шаг волны; W — высота волны

и поэтому должна быть *нормирована*. Рекомендацией СЭВ по стандартизации РС 3951—73 установлено три параметра: высота волнистости W_z ; наибольшая высота волнистости $W_{\max}$ и средний шаг волнистости S_w .

Высота волнистости W_z — среднее арифметическое значение из пяти высот волнистости (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5), определяемых на пяти одинаковых участках измерения волнистости ($l_{w1}, l_{w2}, l_{w3}, l_{w4}, l_{w5}$):

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

Наибольшая высота волнистости $W_{\max}$ — расстояние между наивысшей и наинизшей точками измеренного профиля в пределах участка измерения l_w , определенное на одной полной волне.

Предельные значения высоты волнистости следует выбирать из ряда 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100 и 200 мкм.

22. Параметры волнистости, мм

Вид механической обработки	Высота волны W_i	Шаг волны S_{wi}
Точение	1—0,7	1,4—9
Скоростное фрезерование	1,4—6	1,6—5,2
Плоское шлифование	1,1—3,8	1,1—3,8
Притирка	0,75—2	0,8—4

Средний шаг волнистости S_w — среднее арифметическое значение длин волн S_{wi} , измеренных по средней линии (рис. 6)

$$S_w = \frac{1}{n} \sum S_{wi}$$

Параметры волнистости при различных видах механической обработки приведены в табл. 22.

Неровности, для которых отношение среднего шага S_w к высоте волнистости W_z , больше 40, но меньше 1000, относят к волнистости поверхности, при отношении S_w/W_z , меньшем 40, — к шероховатости поверхности, а при отношении S_w/W_z , большем 1000 — к отклонениям формы.

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Подшипники качения, изготавливаемые на подшипниковых заводах, имеют полную взаимозаменяемость, их устанавливают в сборочные единицы (изделия) без подгонки. Присоединительными поверхностями подшипника качения являются наружный диаметр D наружной поверхности подшипника и внутренний диаметр d внутреннего кольца подшипника, а также ширина колец B . Таким образом, за номинальные диаметры подшипника принимаются диаметры его посадочных поверхностей D и d . Стандарты на допуски и посадки приведены в табл. 1.

1. Стандарты на допуски и посадки подшипников качения

Стандарт	Наименование
ГОСТ 520—71 (СТ СЭВ 774—77)	Подшипники качения. Технические требования
ГОСТ 3325—55 (СТ СЭВ 773—77)	Подшипники качения. Поля допусков посадочных мест валов и отверстий корпусов

КЛАССЫ ТОЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Точность подшипника качения определяется точностями его изготовления и сборки. Допуски на изготовление посадочных поверхностей подшипника не совпадают с допусками по квалитетам, поэтому для градаций точности подшипников качения оставлены *классы точности*. Стандартом предусмотрено для подшипников качения пять классов точности, обозначаемых в порядке повышения точности: P_0 , P_6 , P_5 , P_4 и P_2 (допускается при обозначении подшипников опускать латинскую прописную букву P).

Класс точности подшипника указывают перед обозначением типа (номера) подшипника, например P_4-205 или $4-205$. Нулевой класс точности наиболее распространен, поэтому обозначение P_0 или 0 на подшипниках не проставляют. Предельные отклонения размеров подшипников качения приведены в табл. 2 и 3.

В табл. 2 и 3 приведены верхнее и нижнее отклонения средних диаметров отверстия внутреннего кольца подшипника d_m и наружного кольца — D_m . Введение в стандарт предельных отклонений средних диаметров колец подшипника вызвано особенностями определения их

2. Подшипники качения радиальные и радиально-упорные (за исключением конических).

Верхние и нижние отклонения, мкм

Кольцо подшипника	Обозначение размера	Отклонение и его знак	Номинальный диаметр отверстия d и номинальный наружный диаметр подшипника D , мм											
			Св. 0,6 до 2,5	Св. 2,5 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315
Класс точности подшипника P0 или 0														
Внутреннее	d_m	$EI - ES = 0$	8 0	8 0	8 0	8 0	10 0	12 0	15 0	20 0	25 0	25 0	30 0	35 0
	d	$EI - ES +$	9 1	10 2	10 2	11 3	13 3	15 3	19 4	25 5	31 6	31 6	38 8	44 9
Наружное	D_m	$ei - es = 0$		8 0	8 0	8 0	9 0	11 0	13 0	15 0	18 0	25 0	30 0	35 0
	D	$ei - es +$		9 1	10 2	10 2	11 2	14 3	17 4	20 5	24 6	32 7	38 8	44 9
Внутреннее	B	$ei - es = 0$	40 0	120 0	120 0	120 0	120 0	120 0	150 0	200 0	250 0	250 0	300 0	350 0
Класс точности подшипника P6 или 6														
Внутреннее	d_m	$EI - ES = 0$	7 0	7 0	7 0	7 0	8 0	10 0	12 0	15 0	18 0	18 0	22 0	25 0
	d	$EI - ES +$	8 1	8 1	8 1	8 1	9 1	11 1	14 2	18 3	21 3	21 3	26 4	30 5

Кольцо подшипника	Обозначение размера	Отклонение и его знак	Номинальный диаметр отверстия d и номинальный наружный диаметр подшипника D , мм											
			Св. 0,6 до 2,5	Св. 2,5 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315
Наружное	D_m	$ei - es = 0$		7 0	7 0	7 0	8 0	9 0	11 0	13 0	15 0	18 0	20 0	25 0
	D	$ei - es +$		8 1	8 1	8 1	9 1	11 2	13 2	15 2	18 3	21 3	24 4	29 4
Внутреннее	B	$ei - es = 0$	40 0	120 0	120 0	120 0	120 0	120 0	150 0	200 0	250 0	250 0	300 0	350 0

Класс точности подшипника P5 или 5

Внутреннее	d_m, d	$EI - ES = 0$	5 0	5 0	5 0	5 0	6 0	8 0	9 0	10 0	13 0	13 0	15 0	18 0
Наружное	D_m, D	$ei - es = 0$		5 0	5 0	5 0	6 0	7 0	9 0	10 0	11 0	13 0	15 0	18 0
Внутреннее	B	$ei - es = 0$	40 0	40 0	40 0	80 0	120 0	120 0	150 0	200 0	250 0	250 0	300 0	350 0

Класс точности подшипника P4 или 4

Внутреннее	d_m, d	$EI - ES = 0$	4 0	4 0	4 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	10 0	10 0	12 0	
Наружное	D_m, D	$ei - es = 0$		4 0	4 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0	11 0	13 0
Внутреннее	B	$ei - es = 0$	40 0	40 0	40 0	80 0	120 0	120 0	150 0	200 0	250 0	250 0	300 0	

Класс точности подшипника P2 или 2

Внутреннее	d_m, d	$EI - ES = 0$	2,5 0	2,5 0	2,5 0	2,5 0	2,5 0	2,5 0	4 0	5 0	7 0	7 0	8 0	
Наружное	D_m, D	$ei - es = 0$		2,5 0	2,5 0	2,5 0	4 0	4 0	4 0	5 0	5 0	7 0	8 0	8 0
Внутреннее	B	$ei - es = 0$	40 0	40 0	40 0	80 0	120 0	120 0	150 0	200 0	250 0	300 0	350 0	

Обозначения. Номинальный диаметр отверстия подшипника — d , его наружного кольца — D ; верхнее и нижнее отклонения отверстия — ES и EI , вала, т. е. наружного кольца, — es и ei ; ширина кольца — B .

3. Подшипники качения роликовые конические.

Верхние и нижние отклонения, мкм

Кольцо подшип- ника	Обоз- наче- ние раз- мера	Откло- нение и его знак	Номинальный диаметр отверстия d и номинальный наружный диаметр D , мм								
			Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.
			10 до 18	18 до 30	30 до 50	50 до 80	80 до 120	120 до 150	150 до 180	180 до 250	250 до 315

Класс точности подшипника P0 или 0

Внутреннее	d_m	$EI - ES = 0$	8 0	10 0	12 0	15 0	20 0	25 0	25 0	30 0	35 0	40 0
	d	$EI - ES +$	11 3	13 3	15 3	19 4	25 5	31 6	31 6	38 8	44 9	50 10
	B	$ei - es = 0$	200 0	200 0	240 0	300 0	400 0	500 0	500 0	600 0	700 0	800 0
Наружное	D_m	$ei - es = 0$		9 0	11 0	13 0	15 0	18 0	25 0	30 0	35 0	40 0
	D	$ei - es +$		11 2	14 3	17 4	20 5	24 6	32 7	38 8	44 9	50 10

Классы точности подшипников P6 и P5

Внутреннее	d_m	$EI - ES = 0$	7 0	8 0	10 0	12 0	15 0	18 0	18 0	22 0	25 0	30 0
	d	$EI - ES +$	8 1	9 1	11 1	14 2	18 3	21 3	21 3	26 4	30 5	35 5
	B	$ei - es = 0$	200 0	200 0	240 0	300 0	400 0	500 0	500 0	600 0	700 0	800 0
Наружное	D_m	$ei - es = 0$		8 0	9 0	11 0	13 0	15 0	18 0	20 0	25 0	28 0
	D	$ei - es +$		9 1	11 2	13 2	15 2	18 3	21 3	24 4	29 4	33 5

Продолжение табл. 3

Кольцо подшипника	Обозначение размера	Отклонение и его знак	Номинальный диаметр отверстия d и номинальный наружный диаметр D , мм									
			Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400

Класс точности подшипника P4

Внутреннее	d_m d	$EI - ES = 0$	5 0	6 0	8 0	9 0	10 0	13 0	13 0	15 0		
	B	$ei - es = 0$	200 0	200 0	240 0	300 0	400 0	500 0	500 0	600 0		
Наружное	D D_m	$ei - es = 0$		6 0	7 0	9 0	10 0	11 0	13 0	15 0	18 0	20 0

годности. Кольца многих типов подшипников легко деформируются вследствие их малой толщины. Размеры колец подшипника до монтажа и после сборки с валами и корпусами имеют разные размеры. Например, кольцо подшипника, имеющее до сборки овальность или размеры, вышедшие за допустимые пределы, после сборки может принять правильную геометрическую форму и иметь размеры, лежащие в пределах допуска. Может иметь место и обратное, когда годные кольца подшипника до сборки оказывались по размерам за пределами допуска после сборки. В связи с изложенным годными являются кольца подшипников, действительные значения средних диаметров которых не выходят за предельные значения средних диаметров d_m и D_m , подсчитываемых по формулам

$$d_m = 0,5(d_{\max} + d_{\min}); D_m = 0,5(D_{\max} + D_{\min}), \quad (1)$$

где $D_{\max}(d_{\max})$ и $D_{\min}(d_{\min})$ — наибольшие и наименьшие диаметры отверстия (вала, т. е. наружного кольца) подшипника качения.

Пример 1. Определить годность двух шариковых подшипников качения 0-го класса точности при измерении диаметров отверстий которых при номинальном размере $d = 100$ мм получены следующие результаты для первого подшипника: $d_{\max} = 99,998$ мм и $d_{\min} = 99,976$ мм, и для второго: $d_{\max} = 100,004$ мм и $d_{\min} = 99,998$ мм.

Выписываем для подшипника P0 (табл. 2) для внутреннего кольца номинального диаметра 100 мм.

Верхнее ES и нижнее EI отклонения среднего диаметра d_m : $ES = 0$; $EI = -20$ мкм ($-0,02$ мм).

Верхнее ES и нижнее EI отклонения номинального диаметра d : $ES = +5$ мкм; $EI = -25$ мкм ($-0,025$ мм).

Вычисляем наибольший $d_{m \max}$ и наименьший $d_{m \min}$ средние диаметры кольца:

$$d_{m \max} = d + ES = 100 + 0 = 100 \text{ мм};$$

$$d_{m \min} = d + EI = 100 + (-0,02) = 99,980 \text{ мм}.$$

Наибольший и наименьший диаметры кольца подшипника (без учета изменения его размеров от деформации при сборке):

$$d_{\max} = d + ES = 100 + (+0,005) = 100,005 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + EI = 100 + (-0,025) = 99,975 \text{ мм}.$$

Кольцо подшипника считается годным, если наибольший действительный средний размер $d_{m\delta}$ не превышает наибольших размеров и не меньше наименьших среднего и номинального диаметров.

По формуле (1) находим средние действительные размеры обоих подшипников:

подшипник первый: $d_{m\delta} = 0,5(99,988 + 99,976) = 99,987 \text{ мм};$

подшипник второй: $d_{m\delta} = 0,5(100,004 + 99,998) = 101,001 \text{ мм}.$

Сопоставляем данные расчетов для заключения о годности кольца подшипника. Первый подшипник: его действительный средний размер $d_{m\delta} = 99,987 \text{ мм}$ не выходит за предельные размеры среднего диаметра ($100 - 99,980 \text{ мм}$) и номинального диаметра ($100,005 - 99,975 \text{ мм}$), т. е. он годен.

Второй подшипник: его средний действительный размер $d_{m\delta} = 101,001 \text{ мм}$ выходит за пределы размеров среднего диаметра ($100 - 99,980 \text{ мм}$), поэтому должен быть забракован. Если бы в ГОСТе не были установлены верхнее и нижнее отклонения для среднего диаметра, то рассматриваемый подшипник считался бы годным, так как его средний действительный размер не превышает наибольшего ($100,005 \text{ мм}$) и наименьшего ($99,975 \text{ мм}$) размеров номинального диаметра d кольца подшипника.

Большинство подшипников качения, применяемых в изделиях общего машиностроения, — класса точности $P0$. Наиболее точные подшипники класса точности $P2$ предназначены для высокоточных узлов, гироскопических приборов и электрических микромашин, а также для шпинделей прецизионных шлифовальных станков.

ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ И ИХ ВЫБОР

Диаметры наружного D и внутреннего d колец подшипника приняты за номинальные диаметры основного вала и основного отверстия. Поэтому посадки наружного кольца в корпус осуществляют по системе вала, а посадки внутреннего кольца на вал — по системе отверстия.

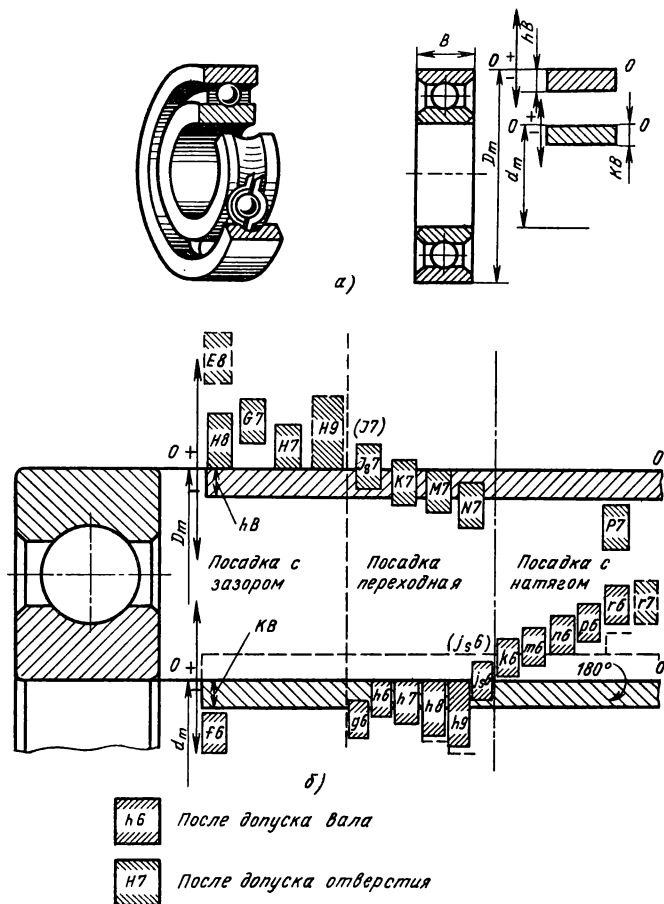


Рис. 1. Поля допусков подшипника качения по наружному D и внутреннему d диаметрам (а); схема расположения полей допусков валов и отверстий (б), сопрягаемых с подшипниками качения 0-го и 6-го классов точности

В подшипниковых посадках принято перевернутое относительно нулевой линии расположение поля допуска основного отверстия, поэтому поле допуска по диаметру d подшипника (табл. 2 и 3) расположено ниже нулевой линии (рис. 1, а). Это позволило переходные посадки (основные отклонения валов n , t и k) назначать вместо посадок с натягом вследствие того, что поля допусков валов располагаются выше поля допусков основного отверстия (рис. 1, б).

4. Поля допусков валов и отверстий корпусов для установки подшипников качения

Класс точности	Поля допусков отверстий для посадок					Поля допусков валов для посадок					
	с зазором		переходных		с натягом	с зазором	переходных			с натягом	
0 и 6	<i>H</i> 7	<i>H</i> 8	<i>J</i> _s 7	(<i>J</i> 7)	<i>P</i> 7	<i>f</i> 6	<i>h</i> 6	<i>h</i> 7	<i>h</i> 8	<i>k</i> 6	<i>m</i> 6
	<i>H</i> 9	<i>E</i> 8	<i>N</i> 7	<i>K</i> 7		<i>g</i> 6	<i>h</i> 9	<i>h</i> 10	<i>h</i> 11	<i>n</i> 6	<i>p</i> 6
	<i>G</i> 7		<i>M</i> 7				<i>j</i> _s 6 (<i>j</i> 6)			<i>r</i> 6	<i>r</i> 7
5 и 4	<i>H</i> 6		<i>J</i> _s 6	(<i>J</i> 6)	<i>K</i> 6	<i>g</i> 5	<i>h</i> 5			<i>k</i> 5	<i>m</i> 5
	<i>G</i> 6		<i>M</i> 6	<i>N</i> 6			<i>j</i> _s 5	(<i>j</i> 5)		<i>n</i> 5	
2	<i>H</i> 5		<i>K</i> 5	<i>M</i> 5		<i>g</i> 4	<i>h</i> 4	<i>j</i> _s 4		<i>k</i> 4	<i>m</i> 4
	<i>H</i> 4		<i>J</i> _s 5	<i>J</i> _s 4			<i>h</i> 3	<i>j</i> _s 3		<i>n</i> 4	

Примечание. В скобках указаны поля допусков ограниченного применения.

Поля допусков валов и отверстий корпусов для установки подшипников качения приведены в табл. 4.

Выбор посадок подшипников качения проводят с учетом типа, размера, класса точности подшипника, характера нагружения и режима работы подшипникового узла. При этом определяющим является вид нагружения колец подшипника. Различают местное, циркуляционное и колебательное нагружения, зависящие от того, какое кольцо подшипника неподвижно, какое вращается, как при этом действует на подшипник нагрузка (табл. 5).

Местным нагружением кольца называется такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник радиальная нагрузка постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком дорожки качения этого кольца (в пределах зоны нагружения) и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса. Такой вид нагружения имеет место, например, когда кольцо неподвижно относительно нагрузки (рис. 2, а) или кольцо и нагрузка участвуют в совместном вращении (рис. 2, б).

Кольцо подшипника с местным нагружением следует монтировать в подшипниковый узел с зазором, чтобы кольцо под воздействием толчков и вибрации постепенно проворачивалось по посадочной поверхности. Поля допусков валов и отверстий корпусов, соединяемых

5. Виды нагружения колец подшипников по ГОСТ 3325–55 (СТ СЭВ 773–77)

Радиальные нагрузки, воспринимаемые шарико- и роликоподшипниками	Вращающееся кольцо	Виды нагружения кольца (рис. 2)	
		внутреннего	наружного
Постоянная по направлению	Внутреннее	Циркуляционное (б)	Местное (б)
	Наружное	Местное (а)	Циркуляционное (а)
Постоянная по направлению и вращающаяся — меньшая по величине	Внутреннее	Циркуляционное (е)	Колебательное (е)
	Наружное	Колебательное (в)	Циркуляционное (в)
Постоянная по направлению и вращающаяся — большая по величине	Внутреннее	Местное (д)	Циркуляционное (д)
	Наружное	Циркуляционное (з)	Местное (з)
Постоянная по направлению	Внутреннее и наружное кольца в одном или противоположных направлениях	Циркуляционное	Циркуляционное
Вращающаяся с внутренним кольцом		Местное	Циркуляционное
Вращающаяся с наружным кольцом		Циркуляционное	Местное

с подшипниками качения при местном нагружении, приведены в табл. 6 и 7.

Циркуляционным нагружением кольца называют такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка воспринимается и передается телами качения в процессе вращения дорожке качения последовательно всей посадочной поверхности вала или корпуса.

Такой вид нагружения возникает, например, когда кольцо вращается относительно постоянной по направлению радиальной нагрузки (рис. 2, а), а также когда нагрузка вращается относительно неподвижного (рис. 2, д) или подвижного (рис. 2, е) кольца. В этом случае монтаж

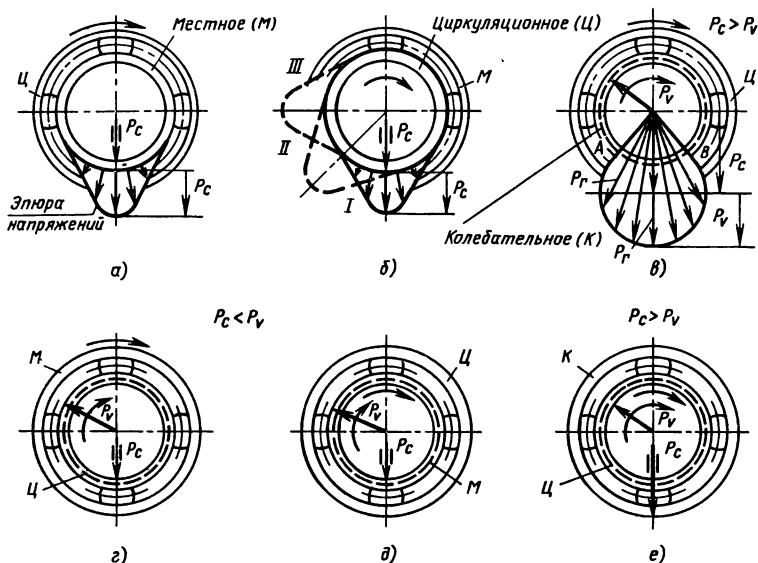


Рис. 2. Виды нагружения колец подшипника

подшипника на вал или в корпус производят по посадке с натягом, чтобы исключить возможность обкатки и проскальзывания кольца по

6. Рекомендуемые поля допусков валов и отверстий корпусов под подшипники качения 0-го и 6-го классов точности всех типов (кроме штампованных игольчатых) с местно нагруженными кольцами

Номиналь- ный диаметр, мм		Нагрузка спокойная, перегрузка до 150 %		Нагрузка с ударами и вибра- цией, перегрузка до 300 %			
		Поля допусков					
		валов	отверстий в корпусе		валов	отверстий в корпусе	
Св.	До		неразъем- ном	разъем- ном		неразъем- ном	разъем- ном
—	80	<i>h5, h6, g5, g6, f6, js6</i>	<i>H6, H7</i>	<i>H6, H7 H8</i>	<i>h5</i>	<i>J_s6, J_s7</i>	<i>J_s6, J_s7</i>
80	260		<i>G6, G7</i>		<i>h6</i>	<i>H6, H7</i>	
260	500	<i>f6, js6</i>			<i>g5, g6</i>		

7. Рекомендуемые поля допусков по СТ СЭВ 773–77 для установки подшипников качения на вал и в отверстие корпуса при местном нагружении

Режим работы подшипника	Класс точности		Примеры применения
	<i>P0</i> и <i>P6</i>	<i>P5</i> и <i>P4</i>	

**Для установки подшипников качения на вал
при вращающемся корпусе**

Легкий и нормальный, требуется перемещение кольца на валу	<i>g6 (h6)</i>	<i>(g5), h5, g4</i>	Ролики конвейеров
Нормальный или тяжелый, перемещение кольца на валу не требуется	<i>g6, f6</i> <i>j56 (j6)</i> <i>h6</i>	—	Передние и задние колеса автомобилей, тракторов, самолетов
	<i>h6</i>	—	Блоки грузоподъемных машин, ролики рольгангов

Для установки радиальных подшипников в отверстие корпуса

(наружное кольцо имеет возможность перемещения в осевом направлении)

Нормальный или тяжелый	<i>J57 (J7)</i>	<i>J56 (J6)</i>	Электродвигатели, насосы, шпиндели станков
Нагрузка динамическая различной величины	<i>J57 (J7)</i> <i>H7</i>	—	Большинство подшипниковых узлов общего машиностроения
Нормальный или легкий	<i>H8</i>	—	Трансмиссионные валы

посадочной поверхности при работе под нагрузкой. Зазор при циркуляционном нагружении не допускается. Посадки назначают в результате расчетов с учетом перегрузки, конструкции вала и корпуса, значения действующей нагрузки на подшипник, размеров подшипника и др.

Рекомендуемые поля допусков по СТ СЭВ 773–77 для установки подшипников качения на вал и в отверстие корпуса с циркуляционно нагруженными кольцами приведены в табл. 8 и 9.

Колебательным нагружением кольца называется такой вид нагружения, при котором неподвижное кольцо подшипника подвергается одновременному воздействию двух радиальных сил (нагрузок), одна из которых является постоянной по направлению, а вторая вращается. Постоянная сила (рис. 2, в) обозначена P_c , а вращающаяся сила P_v . Равнодействующая этих сил P совершает периодическое колебательное движение (подобно маятнику часов), симметричное относительно направления постоянной силы P_c . Колебательное нагружение испытывают неподвижные кольца подшипников, а подвижные (вращающиеся) — циркуляционное (рис. 2, в и е). Колебательное нагружение имеет место только в том случае, если вращающаяся сила P_v меньше по зна-

8. Рекомендуемые поля допусков по СТ СЭВ 773—77 для установки подшипников качения на вращающийся вал при циркуляционном нагружении

Режим работы	Диаметры отверстий подшипников				Класс точности			Примеры применения
	шари- ко- вых		ролико- вых		$P0$ и $P6$	$P5$ и $P4$	$P2$	
	Св.	До	Св.	До				
Нормальный или легкий	—	18	—	—	—	$h5$		Гидромоторы, внутришлифовальные шпиндели, газотурбинные двигатели, редукторы, коробки скоростей станков
	18	100	—	40	$k6, j_56$	$k5, j_55$ ($j5$)	$k4$ $h4$	
	100	140	40	140	$k6, h6, j_56, (j6)$	$k5$	$k4$	
	Св. 140 до 250				$m6$	—	—	
Нормальный или тяжелый	—	18	—	—	—	$j_55, j5$	$h3$	Электродвигатели мощностью до 100 кВт, коробки передач автомобилей и тракторов, крупные редукторы, шпиндели металлорежущих станков
	18	100	—	40	$k6, j_56$	$k5$	$k4$	
	100	140	40	100	$m6$	$m5$	$m4$	
	140	200	100	200	$n6$	$n5$	$n4$	
	Св. 200 до 250				$n6, p6$	—	—	
Тяжелый с ударными нагрузками	—	—	50	140	$n6$	—	—	Коленчатые валы двигателей, электродвигатели св. 100 кВт, буксы тепловозов и электровозов, дорожные машины, экскаваторы, вибраторы
	—	—	140	200	$p6$	—	—	
	—	Сферические подшипники Св. 140 до 250			$r6, r7$	—	—	

чению постоянной силы P_c , т. е. $P_c > P_v$. Рекомендуемые поля допусков по СТ СЭВ 773—77 для установки подшипников качения на вал или в корпус при колебательном нагружении приведены в табл. 10.

Может иметь место случай, когда вращающаяся сила P_v больше постоянной силы (рис. 2, z и d). Если в этом случае вращается кольцо подшипника, то оно испытывает местное нагружение, а если кольцо неподвижно, то циркуляционное.

Отверстия в корпусах, предназначенных для установки в них подшипников качения 0-го и 6-го классов точности, следует, как правило, обрабатывать по 7-му квалитету, а валы — по 6-му квалитету.

9. Рекомендуемые поля допусков по СТ СЭВ 773—77 для установки подшипников качения в отверстия корпуса при циркуляционном нагружении

Режим работы подшипника	Классы точности		Примеры применения
	<i>P0</i> и <i>P6</i>	<i>P5</i> и <i>P4</i>	
Тяжелый, конструкция тонкостенная	<i>P7</i>	<i>P6</i>	Колеса самолетов и автомобилей на конических подшипниках
Нормальный или тяжелый	<i>N7</i>	<i>N6</i>	Коленчатые валы, передние колеса автомашин и тягачей

Примечание. Подшипники радиальные. Наружное кольцо не перемещается вдоль оси.

10. Рекомендуемые поля допусков по СТ СЭВ 773—77 для установки в отверстия корпуса радиальных подшипников при колебательном нагружении

Режим работы подшипника	Класс точности			Примеры применения
	<i>P0</i> и <i>P6</i>	<i>P5</i> и <i>P4</i>	<i>P2</i>	
Вращающийся корпус или случай комбинированного вращения				
Тяжелый, нагрузка динамическая	<i>M7</i>			Электродвигатели, тяговые электродвигатели
Нормальный или тяжелый	<i>K7</i>			Коробки передач, задние мосты автомобилей, насосы
Нормальный или тяжелый (для точных узлов)	<i>J₆</i> , <i>(J6)</i> <i>K6, M6</i>	<i>J₆</i> <i>(J6)</i> <i>M6, M5</i>	<i>M5</i>	Шпиндели тяжелых металлорежущих станков

Вращающийся вал (рис. 2, е)

Нагрузки переменные и переменного направления, высокая точность хода	<i>K6</i>	<i>K5</i> <i>M5</i>	<i>K5</i>	Роликоподшипники цилиндрические для шпинделей станков
	<i>H6</i>	<i>J₆</i> <i>J₅</i>	<i>J₄</i>	Шарикоподшипники для шпинделей шлифовальных станков

Примечание. Посадки на вал при колебательном нагружении соответствуют полям допусков при циркуляционном нагружении (табл. 8).

Отклонения формы и расположения поверхностей валов и отверстий корпусов, соединяемых с подшипниками качения, приводят к деформации колец и нарушению нормальной работы подшипникового узла. Поэтому отклонения формы и расположения ограничиваются, они не должны превышать значений, приведенных в табл. 11. Аналогично шероховатость поверхностей валов и корпусов также ограничивается значениями, приведенными в табл. 12.

На сборочных чертежах подшипниковых узлов посадку подшипника обозначают одним полем допуска — полем допуска сопрягаемой детали с подшипником качения. Например, обозначение на рис. 3, в 160 H7 относится к отверстию корпуса и к наружному кольцу подшипника, а обозначение 90j₆ означает посадку внутреннего кольца подшипника в соединении с валом.

Пример 2. Шарикоподшипник типоразмера 218 легкой серии установлен в редукторе (рис. 3, в) с посадкой 90j₆ на вал и с посадкой

11. Допуски формы и расположения посадочных мест валов и отверстий

Класс точности подшипника	Допуск цилиндричности, не более	Допуск биения торцов
P0 и P6	1/4 допуска на размер	См. табл. 12 гл. 3
P5 и P4	1/8 допуска на размер	

12. Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов под подшипники качения

Номинальный диаметр, мм		Класс точности подшипника	Параметр шероховатости Ra, мкм		
Св.	До		валов	отверстий в корпусе	торцов заплечиков
	80	P0	1,25	1,25	2,5
80	500		2,5	2,5	2,5
	80	P6 и P5	0,63	0,63	1,25
80	500		1,25	1,25	2,5
	80	P4	0,32	0,63	1,25
80	500		0,63	1,25	2,5

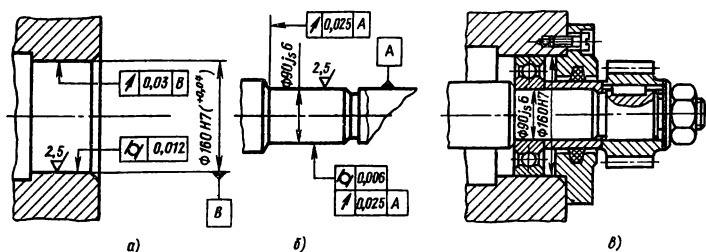


Рис. 3. Обозначение допусков и посадок подшипника качения:

a — отверстия; *б* — вала; *в* — соединения вала с отверстием

160H7 — в корпус. Подтвердить, что в соединении подшипника с валом и корпусом редуктора посадки назначены правильно.

Если к узлу подшипника редуктора не предъявлено высоких требований к точности, то подшипник имеет 0-й класс точности. Наружное кольцо подшипника неподвижно, поэтому оно нагружено местно и должно быть установлено с зазором. Согласно табл. 7 поле допуска H7 для отверстия выбрано правильно. Внутреннее кольцо вращается с валом, нагружено циркуляционно и согласно табл. 8 поле допуска вала j_6 выбрано правильно.

ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Стандарты на шпоночные и шлицевые соединения приведены в табл. 1.

1. Перечень стандартов на шпоночные и шлицевые соединения

Стандарт	Наименование
ГОСТ 24068—80 (СТ СЭВ 645—77) ГОСТ 24069—80 (СТ СЭВ 646—77)	ОНВ. Соединения шпоночные с клиновыми шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки ОНВ. Соединения шпоночные с тангенциальными нормальными шпонками. Размеры сечений шпонок и пазов. Допуски и посадки
ГОСТ 24070—80 (СТ СЭВ 646—77)	ОНВ. Соединения шпоночные с тангенциальными усиленными шпонками. Размеры сечений шпонок и пазов. Допуски и посадки
ГОСТ 24071—80 (СТ СЭВ 647—77)	ОНВ. Соединения шпоночные с сегментными шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.
ГОСТ 23360—78	ОНВ. Шпонки призматические. Размеры, допуски и посадки.
ГОСТ 8790—79	ОНВ. Соединения шпоночные с призматическими направляющими шпонками с креплением на валу. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки
ГОСТ 1139—80 (СТ СЭВ 187—75, СТ СЭВ 188—75)	ОНВ. Соединения зубчатые (шлицевые) прямобочные. Размеры и допуски.
ГОСТ 6033—80 (СТ СЭВ 259—76, СТ СЭВ 268—76, СТ СЭВ 269—76, СТ СЭВ 517—77)	ОНВ. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°. Размеры, допуски и измеряемые величины

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Шпонка — деталь, устанавливаемая в пазах двух соединяемых изделий (вала и отверстия втулки) для передачи вращения или взаимного смещения под действием внешних сил. На рис. 1, а показано в сборе шпоночное соединение с призматической шпонкой 2, а на рис. 1, в — соединение с сегментной шпонкой 2.

Стандарты разработаны на основные типы шпоночных соединений

2. Размеры соединений с призматическими шпонками, мм

Диаметр вала d		Размеры шпонки				Размеры шпоночного паза				
		$b \times h$	Фаска s		Интервалы длин l		Глубина		Радиус r (фаска s_1)	
От	До		max	min	От	До	t_1 на валу	t_2 во втулке	max	min
6	8	2 × 2	0,25	0,16	6	20	1,2	1	0,16	0,08
8	10	3 × 3			6	36	1,8	1,4		
10	12	4 × 4			8	45	2,5	1,8		
12	17	5 × 5	0,4	0,25	10	56	3	2,3	0,25	0,16
17	22	6 × 6			14	70	3,5	2,8		
22	30	8 × 7			18	90	4	3,3		
30	38	10 × 8	0,6	0,4	22	110	5	3,3	0,4	0,25
38	44	12 × 8			28	140	5	3,3		
44	50	14 × 9			36	160	5,5	3,8		
50	58	16 × 10			45	180	6	4,3		
58	65	18 × 11			50	200	7	4,4		
65	75	20 × 12	0,8	0,6	56	220	7,5	4,9	0,6	0,4
75	85	22 × 14			63	250	9	5,4		
85	95	25 × 14			70	280	9	5,4		
95	110	28 × 16			80	320	10	6,4		
110	130	32 × 18			90	360	11	7,4		
130	150	36 × 20	1,2	1	100	400	12	8,4	1	0,7
150	170	40 × 22			100	400	13	9,4		
170	200	45 × 25			110	450	15	10,4		
200	230	50 × 28			125	500	17	11,4		
230	260	56 × 32	2	1,6	140	500	20	12,4	1,6	1,2
260	290	63 × 32			160	500	20	12,4		
290	330	70 × 36			180	500	22	14,4		
330	380	80 × 40	3	2,5	200	500	25	15,4	2,5	2
380	440	90 × 45			220	500	28	17,4		
440	500	100 × 50			250	500	31	19,5		

размерам шпонки поля допусков назначают по 14-му и 11-му квалитетам.

По номинальному размеру шпонки (по ширине b) установлены три вида соединений (табл. 5; рис. 2):

свободное для получения подвижных посадок, применяемых при затруднительных условиях сборки;

3. Размеры соединений с сегментными шпонками, мм

Диаметр вала				Размеры шпонки				Размеры шпоночного паза			
Исполнение шпонки				$b \times h \times D$ (см. рис. 1)	Фаска s		Шири- на b	Глубина		Радиус r_1 (фаска $s_1 \times 45^\circ$)	
I		II			max	min		t_1 на валу	t_2 во втулке	max	min
Св.	До	Св.	До								
3	4	3	4	$1 \times 1,4 \times 4$	0,25	0,16	1	1	0,6	0,16	0,08
4	5	4	6	$1,5 \times 2,6 \times 7$			1,5	2	0,8		
5	6	6	8	$2 \times 2,6 \times 7$			2	1,8	1		
6	7	8	10	$2 \times 3,7 \times 10$			2	2,9	1		
7	8	10	12	$2,5 \times 3,7 \times 10$			2,5	2,7	1,2		
8	10	12	15	$3 \times 5 \times 13$			3	3,8	1,4		
10	12	15	18	$3 \times 6,5 \times 16$			3	5,3	1,4		
12	14	18	20	$4 \times 6,5 \times 16$	0,4	0,25	4	5	1,8	0,25	0,16
14	16	20	22	$4 \times 7,5 \times 19$			4	6	1,8		
16	18	22	25	$5 \times 6,5 \times 16$			5	4,5	2,3		
18	20	25	28	$5 \times 7,5 \times 19$			5	5,5	2,3		
20	22	28	32	$5 \times 9 \times 22$			5	7	2,3		
22	25	32	36	$6 \times 9 \times 22$			6	6,5	2,8		
25	28	36	40	$6 \times 10 \times 25$			6	7,5	2,8		
28	32	40		$8 \times 11 \times 28$	0,6	0,4	8	8	3,3	0,4	0,25
32	38	40		$10 \times 13 \times 32$			10	10	3,3		

Примечание. Назначения шпонки I исполнения — для передачи крутящих моментов, II исполнения — для фиксации элементов. Пример условного обозначения шпонки I исполнения сечением $b \times h = 5 \times 6,5$ мм:

Шпонка 5 × 6,5 ГОСТ 24071–80

Обозначение шпонки II исполнения сечением $b \times h = 5 \times 5,2$ мм:

Шпонка 2–5 × 5,2 ГОСТ 24071–80

4. Размеры соединений с клиновыми шпонками, мм

Диаметр вала d		Шпонка						Шпоночный паз			
		Сечение $b \times h$	Фаска $s \times 45^\circ$		Длина l		Высота h_1	Глубина		Радиус r_1 (фаска s_2)	
От	До		min	max	От	До		t_1 на валу	t_2 во втулке	min	max
6	8	2×2	0,16	0,25	6	20	7	1,2	0,5	0,08	0,16
8	10	3×3			6	36		1,8	0,9		
10	12	4×4			8	45		2,5	1,2		
12	17	5×5	0,25	0,4	10	56	8	3	1,7	0,16	0,25
17	22	6×6			14	70	10	3,5	2,2		
22	30	8×7			18	90	11	4	2,4		
30	38	10×8	0,4	0,6	22	110	12	5	2,4	0,25	0,40
38	44	12×8			28	140	12	5	2,4		
44	50	14×9			36	160	14	5,5	2,9		
50	58	16×10			45	180	16	6	3,4		
58	65	18×11			50	200	18	7	3,4		
65	75	20×12	0,6	0,8	56	220	20	7,5	3,9	0,4	0,60
75	85	22×14			63	250	22	9	4,4		
85	95	25×14			70	280	22	9	4,4		
95	110	28×16			80	320	25	10	5,4		
110	130	32×18			90	360	28	11	6,4		
130	150	36×20	1	1,2	100	400	32	12	7,1	0,7	1,00
150	170	40×22			100	400	36	13	8,1		
170	200	45×25			110	450	40	15	9,1		
200	230	50×28			125	500	45	17	10,1		
230	260	56×32	1,6	2	140	500	50	20	11,1	1,2	1,60
260	290	63×32			160	500	50	20	11,1		
290	330	70×36			180	500	56	22	13,1		
330	380	80×40	2,5	3	200	500	63	25	14,1	2	2,50
380	440	90×45			220	500	70	28	16,1		
440	500	100×50			250	500	80	31	18,1		

5. Поля допусков элементов шпоночного соединения

Вид соединения	Поле допуска b			Элемент соединения	Поле допуска элемента		
	шпонки	паза вала	паза втулки		Высота h	Длина l	Диаметр D
Свободное	$h9$	$H9$	$D10$	Шпонка	$h11$	$h14$	$h12$
Нормальное		$N9$	J_s9	Паз вала и втулки	—	$H15$	—
Плотное		$P9$	$P9$				

Примечания: 1. Свободное соединение для сегментных шпонок не предусматривается. 2. Поле допуска $h9$ назначается при высоте h от 2 до 6 мм (табл. 6).

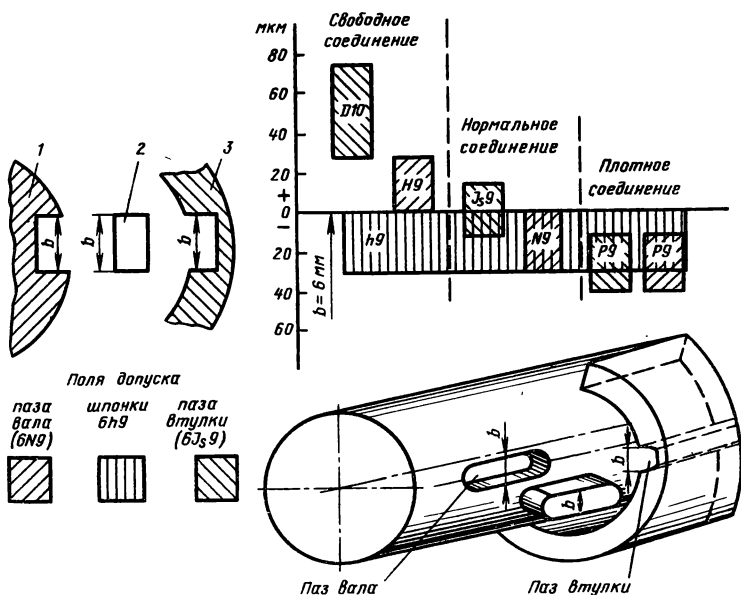


Рис. 2. Схема расположения полей допусков шпоночного соединения с призматической шпонкой:

1 — вал; 2 — шпонка; 3 — втулка

6. Верхние отклонения глубины паза (нижние отклонения равны нулю)

Шпонки	Высота шпонки h , мм	Верхнее отклонение глубины паза, мм
Призматические и клиновые: на валу t_1 (или $d-t_1$)*	От 2 до 6	+0,1
	» 6 » 18	+0,2
	» 18 » 50	+0,3
во втулке t_2 (или $d+t_2$)	» 2 » 6	+0,1
	» 6 » 18	+0,2
	» 18 » 50	+0,3
Сегментные:		
на валу t_1 (или $D-t_1$)*	» 1,4 » 3,7	+0,1
	» 3,7 » 7,5	+0,2
	Св. 7,5	+0,3
во втулке t_2 (или $D+t_2$)	От 1,4 до 10	+0,1
	Св. 10	+0,2

* Вместо размеров t_1 и t_2 допускается контролировать размеры $(d-t_1)$ и $(d+t_2)$. При этом для размера $(d-t_1)$ верхнее отклонение принимают равным нулю, а нижнее — $(-0,1)$ мм для h от 2 до 6 мм; $(-0,2)$ мм для h от 6 до 18 мм; $(-0,3)$ мм для h св. 18 мм.

нормальное для получения неподвижных, разборных соединений при благоприятных условиях сборки;

плотное для получения неподвижных соединений с напрессовкой при сборке, работающих при реверсивных нагрузках.

Качество сборки шпоночного соединения зависит от перекосов и смещений в расположении шпоночных пазов валов и во втулках. Симметричность пазов относительно осевой плоскости контролируют комплексными калибрами.

Пример 1. Выбрать посадки для неподвижного шпоночного соединения (см. рис. 1, а), вычислить зазоры и натяги и дать условное обозначение посадок. Ширина призматической шпонки $b = 6$ мм, высота $h = 6$ мм, длина $l = 10$ мм.

По табл. 5 выбираем нормальное соединение. Посадка шпонки с пазом вала $6 \frac{N9(-0,03)}{h9(-0,03)}$; шпонки с пазом втулки $6 \frac{J_s9(\pm 0,015)}{h9(-0,03)}$. Верхние

и нижние отклонения выписаны из табл. 12 и 18 гл. 2. По формулам табл. 3 гл. 1 находим зазоры и натяги: для соединения шпонки с валом $S_{\max} = 0,03$ мм, $N_{\max} = 0,03$ мм; для соединения шпонки с втулкой $S_{\max} = 0,045$ мм и $N_{\max} = 0,015$ мм. Обозначение посадок и полей допусков элементов шлицевых деталей приведено на рис. 2.

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШЛИЦЕВЫХ ПРЯМОБОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В шлицевых прямобочных соединениях применяют три способа центрирования вала и втулки: по наружному диаметру D ; по внутреннему диаметру d и по боковым поверхностям зубьев b , т. е. по толщине зуба вала и ширине паза втулки. Основные размеры и числа зубьев шлицевых соединений приведены в табл. 7. Шлицевой вал (рис. 3, а) изготовляют в исполнениях А, В и С. Валы исполнений А и С изготовляют при центрировании по внутреннему диаметру d ; исполнение В — при центрировании по наружному диаметру D и боковым сторонам профиля b . Фаска у пазов отверстия втулки (рис. 3, б) может быть заменена закруглением с радиусом r , равным величине фаски s .

За нормальные размеры шлицевого соединения приняты наружный D и внутренний d диаметры и толщина зуба (ширина паза втулки) b (рис. 3, в).

Центрирование по D применяют в неподвижных и подвижных соединениях, передающих небольшой крутящий момент, когда твердость втулки невелика и ее обрабатывают чистой протяжкой (рис. 3, г).

Центрирование по d применяют в тех случаях, когда требуется повышенная точность совмещения геометрических осей вала и втулки (рис. 3, д) и когда шлицевую втулку после термической обработки шлифуют по внутреннему диаметру.

Центрирование по боковым поверхностям зубьев b применяют при

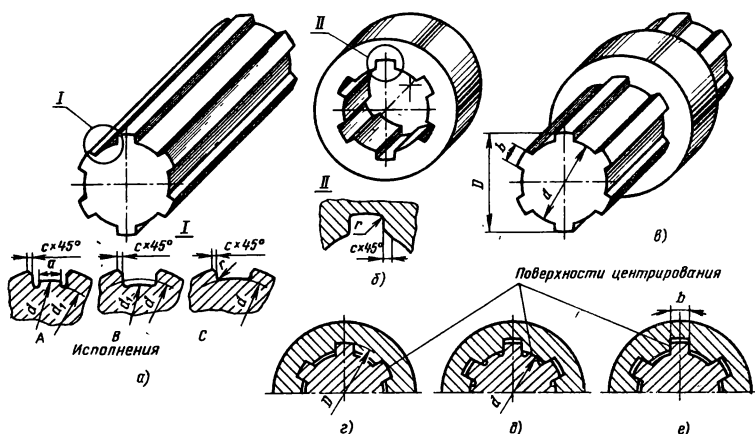


Рис. 3. Шлицевое прямобочное соединение:

а — вал; б — втулка; в — вал с втулкой в сборе; центрирование по наружному (г) и внутреннему (д) диаметрам; е — центрирование по боковым поверхностям зубьев b

7. Размеры прямобоочных шлицевых соединений, мм (см. рис. 3)

$z \times d \times D$	b	d_1	a	c		r , не более
		Не менее	Номинальный размер	Предельные отклонения		
Легкая серия						
$6 \times 23 \times 26$	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
$6 \times 26 \times 30$	6	24,6	3,85	0,3	+0,2	0,2
$6 \times 28 \times 32$	7	26,7	4,03	0,3	+0,2	0,2
$8 \times 32 \times 36$	6	30,4	2,71	0,4	+0,2	0,3
$8 \times 36 \times 40$	7	34,5	3,46	0,4	+0,2	0,3
$8 \times 42 \times 46$	8	40,4	5,03	0,4	+0,2	0,3
$8 \times 46 \times 50$	9	44,6	5,75	0,4	+0,2	0,3
$8 \times 52 \times 58$	10	49,7	4,89	0,5	+0,3	0,5
$8 \times 56 \times 62$	10	53,6	6,38	0,5	+0,3	0,5
$8 \times 62 \times 68$	12	59,8	7,31	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 72 \times 78$	12	69,6	5,45	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 82 \times 88$	12	79,3	8,62	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 92 \times 98$	14	89,4	10,08	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 102 \times 108$	16	99,9	11,49	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 112 \times 120$	18	108,8	10,72	0,5	+0,3	0,5
Средняя серия						
$6 \times 11 \times 14$	3	9,9		0,3	+0,2	0,2
$6 \times 13 \times 16$	3,5	12		0,3	+0,2	0,2
$6 \times 16 \times 20$	4	14,5		0,3	+0,2	0,2
$6 \times 18 \times 22$	5	16,7		0,3	+0,2	0,2
$6 \times 21 \times 25$	5	19,5	1,95	0,3	+0,2	0,2
$6 \times 23 \times 28$	6	21,3	1,34	0,3	+0,2	0,2
$6 \times 26 \times 32$	6	23,4	1,65	0,4	+0,2	0,3
$6 \times 28 \times 34$	7	25,9	1,7	0,4	+0,2	0,3
$8 \times 32 \times 38$	6	29,4		0,4	+0,2	0,3
$8 \times 36 \times 42$	7	33,5	1,02	0,4	+0,2	0,3
$8 \times 42 \times 48$	8	39,5	2,57	0,4	+0,2	0,3
$8 \times 46 \times 54$	9	42,7		0,5	+0,3	0,5
$8 \times 52 \times 60$	10	48,7	2,44	0,5	+0,3	0,5
$8 \times 56 \times 65$	10	52,2	2,5	0,5	+0,3	0,5
$8 \times 62 \times 72$	12	57,8	2,4	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 72 \times 82$	12	67,4		0,5	+0,3	0,5
$10 \times 82 \times 92$	12	77,1	3	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 92 \times 102$	14	87,3	4,5	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 102 \times 112$	16	97,7	6,3	0,5	+0,3	0,5
$10 \times 112 \times 125$	18	106,3	4,4	0,5	+0,3	0,5
Тяжелая серия						
$10 \times 16 \times 20$	2,5	14,1		0,3	+0,2	0,2
$10 \times 18 \times 23$	3	15,6		0,3	+0,2	0,2

Продолжение табл. 7

$z \times d \times D$	b	d_1	a	c		r , не более
		Не менее		Номинальный размер	Предельные отклонения	
10 × 21 × 26	3	18,5		0,3	+0,2	0,2
10 × 23 × 29	4	20,3		0,3	+0,2	0,2
10 × 26 × 32	4	23		0,4	+0,2	0,3
10 × 28 × 35	4	24,4		0,4	+0,2	0,3
10 × 32 × 40	5	28		0,4	+0,2	0,3
10 × 36 × 45	5	31,3		0,4	+0,2	0,3
10 × 42 × 52	6	36,9		0,4	+0,2	0,3
10 × 46 × 56	7	40,9		0,5	+0,3	0,5
16 × 52 × 60	5	47		0,5	+0,3	0,5
16 × 56 × 65	5	50,6		0,5	+0,3	0,5
16 × 62 × 72	6	56,1		0,5	+0,3	0,5
16 × 72 × 82	7	65,9		0,5	+0,3	0,5
20 × 82 × 92	6	75,6		0,5	+0,3	0,5
20 × 92 × 102	7	85,5		0,5	+0,3	0,5
20 × 102 × 115	8	94		0,5	+0,3	0,5
20 × 112 × 125	9	104		0,5	+0,3	0,5

невысоких требованиях к соосности, передаче больших крутящих моментов, а также знакопеременных нагрузках (рис. 3, е).

Поля допусков шлицевых валов и втулок для образования посадок при различных видах центрирования приведены в табл. 8, а их графическое изображение — на рис. 4.

Наибольшее количество посадок предусмотрено по центрирующим диаметрам и боковым поверхностям зубьев. По центрирующим диаметрам предусмотрены большие зазоры, облегчающие сборку.

Рекомендуемые посадки шлицевых соединений приведены в табл. 9.

На чертежах шлицевое соединение обозначается условным сочетанием букв и цифр. Слева буквой указывают поверхность центрирования, правее — число зубьев (рис. 5), после первого знака $\times$ — номинальный размер внутреннего диаметра (если d является центрирующим, то правее номинального диаметра указывают поля допусков по d), после второго знака $\times$ — номинальный размер и поля допусков по наружному диаметру D , после третьего знака $\times$ — размер с полями допусков по b .

Пример 2. Для шлицевого соединения 1, условное обозначение которого приведено на рис. 5, а, определить параметры посадок (см. табл. 4 гл. 1) и предельные размеры шлицевых деталей.

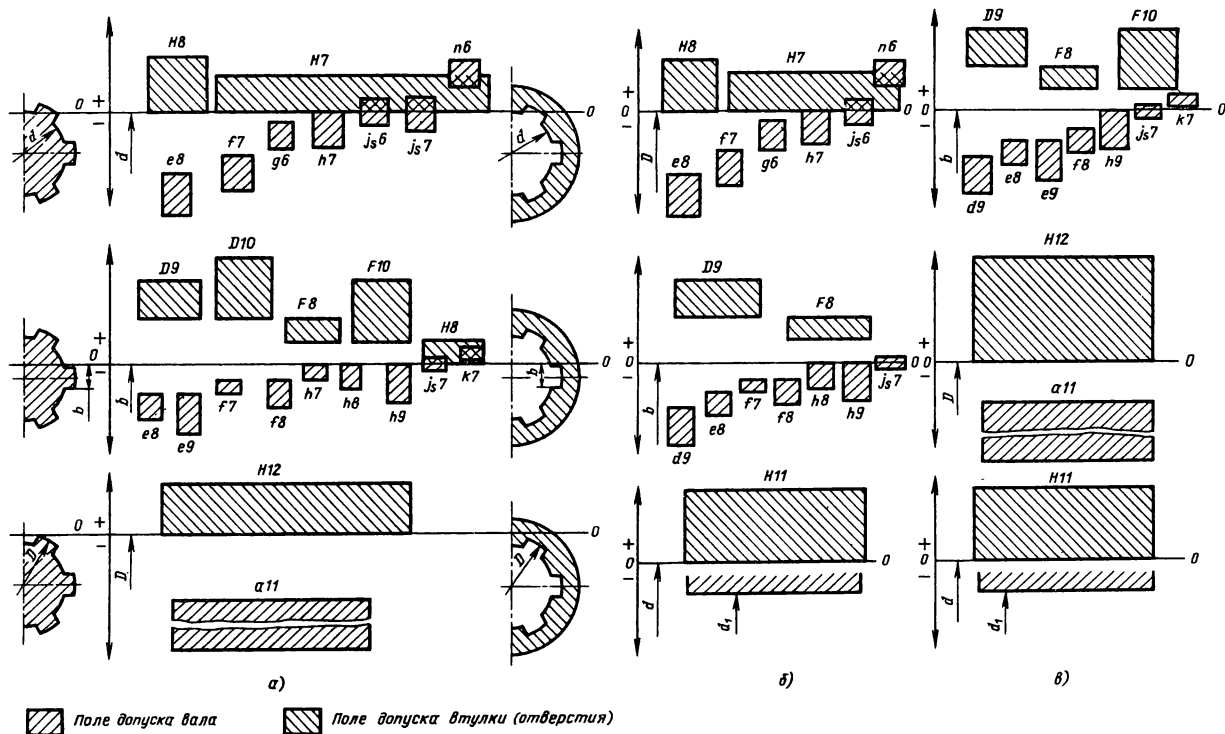


Рис. 4. Схема расположения полей допусков шлицевых валов и отверстий втулок при центрировании:
 а — по внутреннему диаметру d ; б — по наружному диаметру D ; в — по боковым поверхностям зубьев b

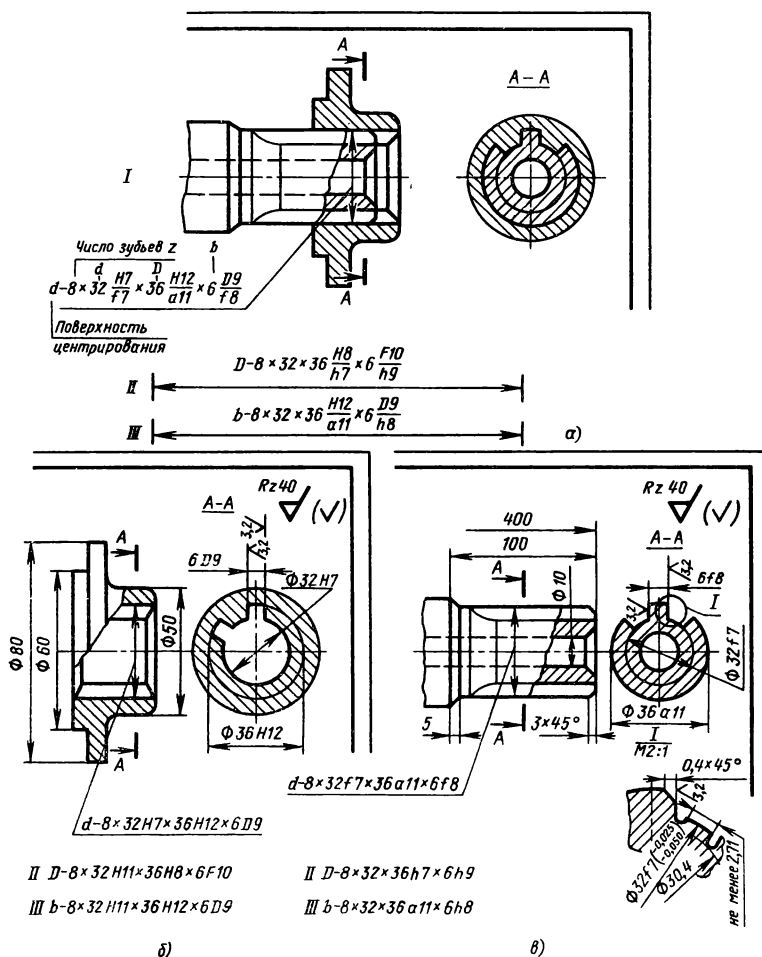


Рис. 5. Обозначение допусков и посадок прямого шлицевого соединения на сборочном чертеже (а) и на рабочих чертежах деталей (б и в); варианты обозначения при центрировании:

I — по внутреннему диаметру d ; II — по наружному диаметру D ; III — по боковым поверхностям зубьев b

9. Рекомендуемые посадки шлицевых прямобочных соединений по СТ СЭВ 187-75

По наружному диаметру D	По внутреннему диаметру d	По боковым поверхностям зубьев b
---------------------------	-----------------------------	------------------------------------

Центрирование по наружному диаметру D

$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{g6}$	H11 — поле допуска втулки. Диаметр вала не менее d_1 (см. табл. 7)	$\left(\frac{F8}{d9} \right)$	$\frac{F8}{e8}$	$\frac{F9}{f7}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{F8}{h8}$
$\frac{H8}{h7}$	—	$\frac{H7}{js6}$		$\frac{F8}{h6}$	$\frac{F8}{js7}$	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f7}$
$\frac{H7}{n6}$	—	$\frac{H8}{e8}$		$\frac{F10}{f7}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{F10}{h9}$	$\frac{D9}{js7}$	$\frac{F10}{e9}$

Центрирование по внутреннему диаметру d

$\frac{H12}{a11}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{F8}{f7}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{js7}$	$\frac{F8}{k7}$
	$\frac{H7}{h7}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f8}$
	$\frac{H7}{js7}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{D9}{e9}$	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D9}{k7}$	$\frac{F10}{e8}$	$\frac{F10}{f8}$
	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{F10}{h7}$	$\frac{F10}{h9}$	$\frac{F10}{f9}$	$\frac{F10}{js7}$	$\frac{F10}{k7}$
	$\frac{H8}{e8}$	$\left(\frac{H8}{e9} \right)$	$\frac{F10}{d9}$	$\frac{D10}{d9}$	$\frac{D9}{f7}$	$\frac{F8}{d8}$	$\frac{D9}{js7}$

Центрирование по боковым поверхностям зубьев b

$\frac{H12}{a11}$	H11 — поле допуска втулки. Диаметр вала не менее d_1 (см. табл. 7)	$\frac{D9}{f9}$	$\frac{F8}{e8}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{D10}{d8}$	$\left(\frac{D10}{h10} \right)$
		$\frac{F8}{js7}$	$\frac{D9}{d9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{D9}{f8}$	$\frac{D9}{h8}$
		$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D9}{js7}$	$\frac{D9}{k7}$	$\frac{F10}{d9}$	$\frac{F10}{e8}$

Продолжение табл. 9

По наружному диаметру D	По внутреннему диаметру d	По боковым поверхностям зубьев b				
$\frac{H12}{a11}$	$H11$ — поле допуска втулки. Диаметр вала не менее d_1 (см. табл. 7)	$\frac{F10}{f8}$	$\frac{F10}{f9}$	$\frac{F10}{k7}$	$\frac{F10}{h9}$	$\frac{F10}{js7}$

Примечания. 1. Предпочтительные посадки заключены в рамки. 2. Посадки в скобках по возможности не применять.

По условному обозначению шлицевого соединения на чертеже составляем вспомогательную таблицу.

Номинальный размер, поле допуска, мм	Предельные отклоне- ния, мм		Допуск, мм	Предельные размеры, мм	
	<i>ES (es)</i>	<i>EI (ei)</i>		наиболь- ший	наимень- ший
Шлицевая втулка					
<i>d</i> = 32H7	+0,025	0	0,025	32,025	32,000
<i>D</i> = 36H12	+0,250	0	0,250	36,250	36,000
<i>b</i> = 6D9	+0,060	+0,030	0,030	6,060	6,030
Шлицевый вал					
<i>d</i> = 32f7	−0,025	−0,050	0,025	31,975	31,950
<i>D</i> = 36a11	−0,310	−0,470	0,160	35,690	35,530
<i>b</i> = 6f8	−0,010	−0,028	0,018	5,990	5,972

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Эвольвентные шлицевые соединения, особенно в тяжело нагруженных механизмах, вытесняют шлицевые прямобочные соединения. Это объясняется повышенной прочностью зубьев эвольвентных шлицевых валов, более высокой технологичностью их изготовления (при заданном модуле шлицы любого размера вала нарезаются при помощи одной червячной фрезы) и высокой точностью центрирования шлицевых соединений.

Шлицевые валы и втулки эвольвентных шлицевых соединений отличаются формой и размерами зубьев и впадин от аналогичных валов и втулок прямобочных шлицевых соединений. Боковые поверхности

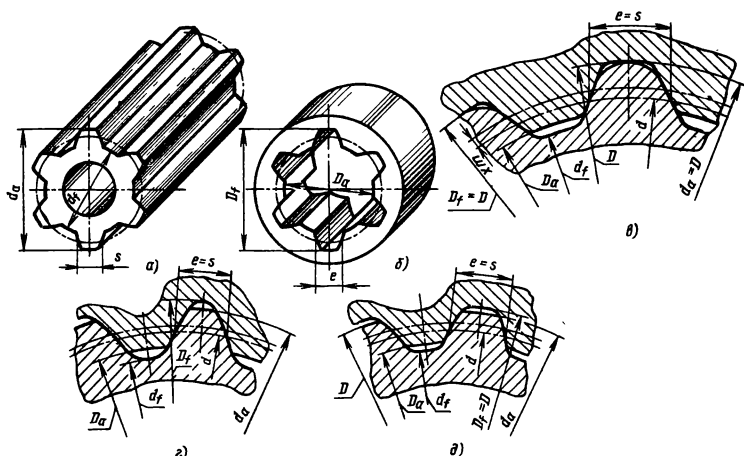


Рис. 6. Шлицевое соединение с эвольвентным профилем зуба:

a — шлицевой вал; *б* — шлицевая втулка; *в* — центрирование по наружному диаметру D ; центрирование по боковым поверхностям зубов при закругленной (*г*) и плоской (*д*) форме дна впадины

зубьев и впадин выполнены по кривой, называемой эвольвентой, подобно профилю зубьев зубчатых колес. Профиль зубьев очерчивается окружностью выступов и впадин (рис. 6). Для вала диаметр окружности вершин зубьев обозначают d_a , а диаметр окружности впадин d_f (рис. 6, *a*). Для втулки диаметр окружности впадин обозначают D_f , а диаметр окружности вершин зубьев D_a (рис. 6, *б*). Важной размерной характеристикой зубьев вала и втулки являются толщина зуба вала s и ширина впадины втулки e , определяемые по делительной окружности диаметра d . Диаметр делительной окружности выражается через число зубьев z и модуль m : $d = mz$.

За номинальный (исходный) диаметр соединения принимают диаметр D .

Эвольвентные шлицевые соединения также центрируют по наружному диаметру D (рис. 6, *в*) и по боковым поверхностям зубов $s=e$ (рис. 6, *г* и *д*). Допускается центрирование по внутреннему диаметру. Форма дна впадины вала и втулки может быть как закругленной (рис. 6, *г*), так и плоской (рис. 6, *д*).

Размерные ряды шлицевых соединений (номинальные диаметры D , модули m и числа зубьев z) приведены в табл. 10.

Номинальные размеры шлицевых соединений для модулей 1,25; 2; 3; 5 мм приведены в табл. 11. ГОСТ 6033—80 содержит таблицы номинальных размеров шлицевых соединений всех модулей.

Поля допусков по центрирующим и нецентрирующим диаметрам, а также посадки по этим размерам приведены в табл. 12 и на рис. 7

10. Число зубьев z эвольвентных шлицевых соединений

1-й ряд	2-й ряд	Номи- нальный диаметр, мм	1-й ряд модулей, мм															
			0,5	—	0,8	—	1,25	—	2	—	3	—	—	5	—	8	—	—
			2-й ряд модулей, мм															
			—	0,6	—	1	—	1,5	—	2,5	—	3,5	4	—	6	—	10	
	4	6																
	5	8																
6		10	8	6														
	7	12	10	7														
8		14	12	8	6													
	9	16	13	10	7													
10		18	15	11	8	6												
12		22	18	13	10	8	6											
	14	26	22	16	12	10	8											
15		28	23	17	13	10	8	6										
	16	30	25	18	14	11	9	6										
17		32	27	20	15	12	10	7										
	18	34	28	21	16	13	10	7										
20		38	32	23	18	14	12	8	6									
	22	42	35	26	20	16	13	9	7	6								
25		48	40	30	24	18	15	11	8	7								
	28	54	45	34	26	21	17	12	10	8								
30			48	36	28	22	18	13	10	8								
	32		52	38	30	24	20	14	11	9			6					
35			57	42	34	26	22	16	12	10			7					
	38		62	46	36	29	24	18	14	11			8					
40			64	48	38	30	25	18	14	12			8	6				
	42		68	51	40	32	26	20	15	12			9	7				
45			74	55	44	34	28	21	16	13	12	10	7					
	48		78	58	46	37	30	22	18	14	12	10	8		6			
50				60	48	38	32	24	18	15	12	11	8		7			
	52			64	50	40	33	24	19	16	12	11	9		7			
55				66	54	42	35	26	20	17	14	12	9		8			
	58			70	56	45	37	28	22	18	14	13	10		8			
60				74	58	46	38	28	22	18	16	13	10		8			
	62					48	40	30	23	19	16	14	11		9			
65						50	42	31	24	20	18	15	11		9			
	68					53	44	32	26	21	18	15	12		10			
70						54	45	34	26	22	18	16	12		10	7		
	72					56	46	34	27	22	20	16	13		10			
75						58	48	36	28	24	20	17	13		11		8	
	78					60	50	38	30	24	21	18	14		11			
80						62	52	38	30	25	22	18	14		12	8	6	
	82						53	40	31	26	22	19	15		12			
85							55	41	32	27	24	20	15		13	9	7	
	88						57	42	34	28	24	20	16		13			
90							58	44	34	28	24	21	16		13	10	7	

Продолжение табл. 10

Номи- нальный диаметр, мм		1-й ряд модулей, мм															
		0,5	—	0,8	—	1,25	—	2	—	3	—	—	5	—	8	—	
		2-й ряд модулей, мм															
1-й ряд	2-й ряд	—	0,6	—	1	—	1,5	—	2,5	—	3,5	4	—	6	—	10	
95	92						60	44	35	29	25	22	17	14			
	98						62	46	36	30	26	22	18	14	10	8	
100							64	48	38	31	26	23	18	15			
	105						64	48	38	32	28	24	18	15	11	8	
110							68	51	40	34	29	25	20	16	12	9	
120							72	54	42	35	30	26	20	17	12	9	
140								58	46	38	34	28	22	18	13	10	
	130							64	50	42	36	31	24	20	15	11	
160								68	54	45	38	34	26	22	16	12	
	150							74	58	48	42	36	28	24	17	13	
180										52	44	38	30	25	18	14	
	170									55	48	41	32	27	20	15	
200										58	50	44	34	28	21	16	
	190									62		46	36	30	22	17	
220										65		48	38	32	24	18	
	210									69		51	40	34	25	20	
240													42	35	26	20	
260													46	38	28	22	
	250												48	40	30	24	
300													50	42	31	24	
	280												54	45	34	26	
340													58	48	36	28	
	320												62	52	38	30	
380														55	41	32	
	360													58	44	34	
400														62	46	36	
440														65	48	38	
	420													68	51	40	
480														72	54	42	
	460														55	44	
500														75	56	44	
														78	58	46	
														82	61	48	

Примечания: 1. При выборе номинальных диаметров и модулей ряд 1 следует предпочитать ряду 2. 2. Числа зубьев, заключенные в рамки, являются предпочтительными. 3. Модуль 3,5 мм применять не рекомендуется.

11. Номинальные размеры эвольвентных шлицевых соединений, мм (см. рис. 6)

D	z	D_a	d_a	$e=s$	D	z	D_a	d_a	$e=s$
Модуль 1,25 мм					40	18	36	39,6	4,181
10	6	7,5	9,75	2,613	42	20	38	41,6	3,026
12	8	9,5	11,75	2,324	45	21	41	44,6	3,603
14	10	11,5	13,75	2,036	48	22	44	47,6	4,181
15	10	12,5	14,75	2,613	50	24	46	49,6	3,026
16	11	13,5	15,75	2,469	52	24	48	51,6	4,181
17	12	14,5	16,75	2,324	55	26	51	54,6	3,603
18	13	15,5	17,75	2,180	58	28	54	57,6	3,026
20	14	17,5	19,75	2,613	60	28	56	59,6	4,181
22	16	19,5	21,75	2,324	62	30	58	61,6	3,026
25	18	22,5	24,75	2,613	65	31	61	64,6	3,603
28	21	25,5	27,75	2,180	68	32	64	67,6	4,181
30	22	27,5	29,75	2,613	70	34	66	69,6	3,026
32	24	29,5	31,75	2,324	72	34	68	71,6	4,181
35	26	32,5	34,75	2,613	75	36	71	74,6	3,603
38	29	35,5	37,75	2,180	78	38	74	77,6	3,026
40	30	37,5	39,75	2,613	80	38	76	79,6	4,181
42	32	39,5	41,75	2,324	82	40	78	81,6	3,026
45	34	42,5	44,75	2,613	85	41	81	84,6	3,603
48	37	45,5	47,75	2,180	88	42	84	87,6	4,181
50	38	47,5	49,75	2,613	90	44	86	89,6	3,026
52	40	49,5	51,75	2,324	92	44	88	91,6	4,181
55	42	52,5	54,75	2,613	95	46	91	94,6	3,603
58	45	55,5	57,75	2,180	98	48	94	97,6	3,026
60	46	57,5	59,75	2,613	100	48	96	99,6	4,181
62	48	59,5	61,75	2,324	105	51	101	104,6	3,603
65	50	62,5	64,75	2,613	110	54	106	109,6	3,026
68	53	65,5	67,75	2,180	120	58	116	119,6	4,181
70	54	67,5	69,75	2,613	130	64	126	129,6	3,026
72	56	69,5	71,75	2,324	140	68	136	139,6	4,181
75	58	72,5	74,75	2,613	150	74	146	149,6	3,026
Модуль 2 мм					Модуль 3 мм				
15	6	11	14,6	3,603	22	6	16	21,4	5,117
16	6	12	15,6	4,181	25	7	19	24,4	5,117
17	7	13	16,6	3,603	28	8	22	27,4	5,117
18	7	14	17,6	4,181	30	8	24	29,4	6,271
20	8	16	19,6	4,181	32	9	26	31,4	5,694
22	9	18	21,6	4,181	35	10	29	34,4	5,694
25	11	21	24,6	3,603	38	11	32	37,4	5,694
28	12	24	27,6	4,181	40	12	34	39,4	5,117
30	13	26	29,6	4,181	42	12	36	41,4	6,271
32	14	28	31,6	4,181	45	13	39	44,4	6,271
35	16	31	34,6	3,603	48	14	42	47,4	6,271
38	18	34	37,6	3,026	50	15	44	49,4	5,694
					52	16	46	51,4	5,117

Продолжение табл. 11

D	z	D_a	d_a	$e=s$	D	z	D_a	d_a	$e=s$
55	17	49	54,4	5,117	52	9	42	51	8,720
58	18	52	57,4	5,117	55	9	45	54	10,452
60	18	54	59,4	6,271	58	10	48	57	9,297
62	19	56	61,4	5,694	60	10	50	59	10,452
65	20	59	64,4	5,694	62	11	52	61	8,720
68	21	62	67,4	5,694	65	11	55	64	10,452
70	22	64	69,4	5,117	68	12	58	67	9,297
72	22	66	71,4	6,271	70	12	60	69	10,452
75	24	69	74,4	4,539	72	13	62	71	8,720
78	24	72	77,4	6,271	75	13	65	74	10,452
80	25	74	79,4	5,694	78	14	68	77	9,297
82	26	76	81,4	5,117	80	14	70	79	10,452
85	27	79	84,4	5,117	82	15	72	81	8,720
88	28	82	87,4	5,117	85	15	75	84	10,452
90	28	84	89,4	6,271	88	16	78	87	9,297
92	29	86	91,4	5,694	90	16	80	89	10,452
95	30	89	94,4	5,694	92	17	82	91	8,720
98	31	92	97,4	5,694	95	18	85	94	7,565
100	32	94	99,4	5,117	98	18	88	97	9,297
105	34	99	104,4	4,539	100	18	90	99	10,452
110	35	104	109,4	5,694	105	20	95	104	7,565
120	38	114	119,4	6,271	110	20	100	109	10,452
130	42	124	129,4	5,117	120	22	110	119	10,452
140	45	134	139,4	5,694	130	24	120	129	10,452
150	48	144	149,4	6,271	140	26	130	139	10,452
160	52	154	159,4	5,116	150	28	140	149	10,452
170	55	164	169,4	5,693	160	30	150	159	10,452
180	58	174	179,4	6,271	170	32	160	169	10,452
190	62	184	189,4	5,116	180	34	170	179	10,452
200	65	194	199,4	5,693	190	36	180	189	10,452
210	69	204	209,4	4,539	200	38	190	199	10,452
Модуль 5 мм					210	40	200	209	10,452
					220	42	210	219	10,452
					240	46	230	239	10,452
					250	48	240	249	10,452
					260	50	250	259	10,452
					280	54	270	279	10,452
					300	58	290	299	10,452
					320	62	310	319	10,452
40	6	30	39	10,452					
42	7	32	41	8,720					
45	7	35	44	10,452					
48	8	38	47	9,297					
50	8	40	49	10,452					

12. Поля допусков и посадки эвольвентных шлицевых соединений

Пара-метр	Поля допусков		Посадки	
	Форма дна впадины		Форма дна впадины	
	плоская	закруг-ленная	плоская	закругленная

Центрирование по наружному диаметру $D_f = d_a$

D_f	$H7$ (1 ряд), $H8$ (2 ряд)		$\frac{H7^*}{n6}, \frac{H7^*}{h6}, \frac{H7^*}{g6}, \frac{H7^*}{f7}$				$\frac{H8}{n6}, \frac{H8}{h6}, \frac{H8}{g6}, \frac{H8}{f7}$			
d_a	$n6, h6, g6, f7$ (1 и 2 ряды) j_s6 (только 1 ряд)		$\frac{H7^*}{j_s6}$							
e	$9H, 11H$		$\frac{9H}{9h}, \frac{9H}{9g}, \frac{9H}{9d}, \frac{11H}{11c}, \frac{11H}{11a}$							
s	$9h, 9g, 9d, 11c, 11a$									
D_a	$H11$	$H11$	$\frac{H11}{h16}$				—			
d_f	$h16$	$d_{f\max}$								

Центрирование по боковым поверхностям зубьев $e = s$

e	$7H$, $9H$, $11H$		$7H$	$7H$	$7H$	$7H$	$7H$	$9H$	$9H$	$9H$
s	$7n$, $7h$, $7f$, $8p$, $8k$, $8f$, $9r$, $9h$, $9g$, $10d$		$9r$	$8p$	$7n$	$8k$	$7h$	$8k$	$9h$	$9g$
D_f	$H16$	$D_{f\min} = D$	$9H$	$9H$	$11H$					
d_a	$d9$, $h12$	$d9$, $h12$	$7f$	$8f$	$10d$					
D_a	$H11$	$H11$	$H16$		$h12$					
d_f	$h16$	$d_{f\max}$	$d9$		$h12$					
D_a	$H11$	$H11$	$H11$		$h16$					
d_f	$h16$	$d_{f\max}$	$h16$							

Центрирование по внутреннему диаметру $D_a = d_f$

D_a	$H7(1 \text{ ряд}), H8(2 \text{ ряд})$		$\frac{H7^*}{n6}, \frac{H7^*}{h6}, \frac{H7^*}{g6}$			$\frac{H8}{n6}, \frac{H8}{h6}, \frac{H8}{g6}$		
d_f	$n6, h6, g6$							
D_f	$H16$	$D_{f\max}$						
d_a	$h12$	$h12$	$\frac{H16}{h12}$			—		
$e = s$		См. центрирование по наружному диаметру						

* Применение посадок предпочтительно.

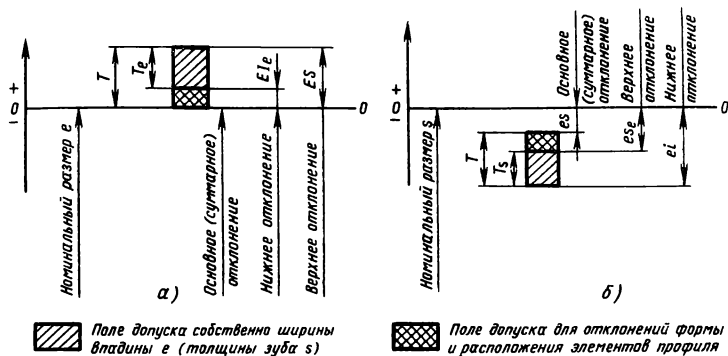


Рис. 7. Расположение полей допусков ширины впадины e и толщины зуба s вала (а) и втулки (б)

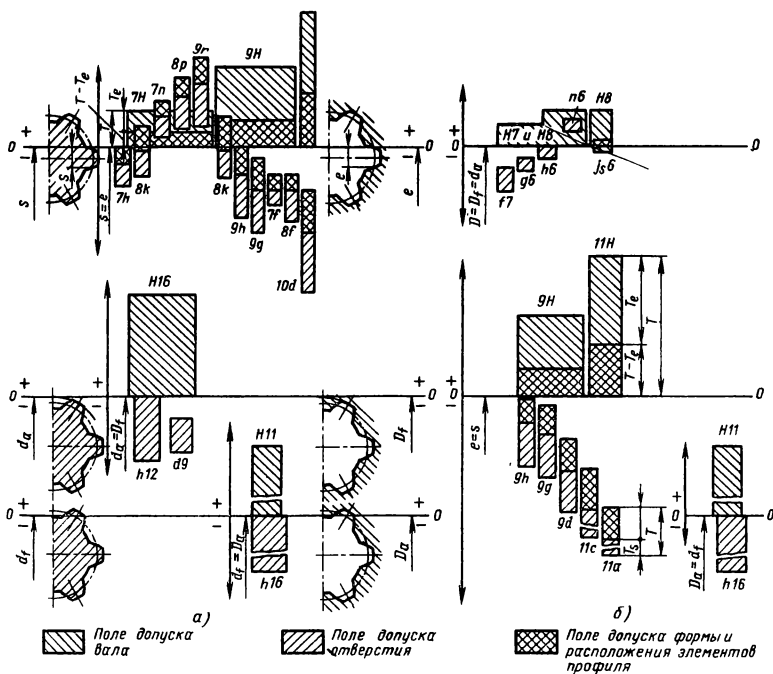


Рис. 8. Схема расположения полей допусков эвольвентных шлицевых валов и втулок при центрировании:

а — по боковым поверхностям зубьев ($s=e$); б — по наружному диаметру D

и 8. Из табл. 12 видно, что посадки по нецентрирующим диаметрам назначают только при плоской форме дна впадины. При закругленной форме дна впадины на размер d_f при центрировании как по наружному, так и по боковым поверхностям зубьев поле допуска не назначают, а размер d_f ограничивают его наибольшим значением $d_{f\max}$ (для исключения защемления вершин зубьев втулки во впадинах вала). В этих же целях не предусмотрен допуск для диаметра окружности впадин втулки D_f , размер диаметра ограничивается минимальным значением $D_{f\min}$.

На ширину впадины втулки e и толщину зуба вала s допуски установлены не по квалитетам, а по *степеням точности*, обозначаемым цифрами в порядке убывания точности: 7, 9 и 11 (для толщины зуба вала s дополнительно предусмотрены 8-я и 10-я степени точности). Чтобы отличить поле допуска по квалитету от поля допуска по степени точности, степень точности указывают левее основного отклонения, например $7H$, $9d$ и т. д. Кроме того, предельные отклонения ширины впадины втулки и толщины зуба отсчитывают от общего номинального размера $e=s$ по дуге делительной окружности d (табл. 13).

На сборку шлицевых эвольвентных соединений сильное влияние оказывают отклонения формы и расположения поверхностей, поэтому на ширину впадины и толщину зуба устанавливают *суммарный допуск* T (рис. 7), который содержит отклонение собственно ширины впадины T_e (или толщины зуба T_s) и отклонение формы и расположения элементов профиля впадины (толщины зуба) от теоретически точного прототипа. Эта часть поля допуска $T - T_e$ ($T - T_s$) на рис. 7 и 8 заштрихована крестом. Суммарный допуск контролируют комплексными калибрами. Допуски T_e и T_s контролируют гладкими предельными калибрами.

Вследствие того, что допуск ширины впадины втулки и толщины зуба разделен на две части, это потребовало введения в стандарт трех отклонений: *основного* или *суммарного* (EI — для допусков ширины впадины и es — для допусков толщины зуба); отклонения, определяющего границу между допуском, установленным на отклонение формы и расположение элементов профиля впадины (толщины) зуба и допуском собственно размера e или s (это EI_e — нижнее отклонение ширины впадины и es_s — верхнее отклонение толщины зуба) и отклонения, определяющие верхнюю границу поля допуска ширины впадины (верхнее отклонение ES) и нижнюю границу поля допуска зуба (нижнее отклонение ei).

Условное обозначение эвольвентных шлицевых соединений на чертежах показано на рис. 9, а.

Пример 3. Для шлицевого соединения (см. рис. 9, а) определить предельные размеры вала и втулки, предельные зазоры и выполнить схему расположения полей допусков.

Задано шлицевое соединение с центрированием по боковым поверхностям зубьев. По наружному и внутреннему нецентрирующим диаметрам ГОСТ 6033—80 предусмотрены большие зазоры. Номинальный

13. Эвольвентные шлицевые соединения. Предельные отклонения (мкм) ширины впадин втулки e и толщины зубьев вала z

Поле до-пус-ка	Модуль m , мм		Обозначение отклонения	Диаметр d делительной окружности, мм						
	От	До		До 12	Св. 12	Св. 25	Св. 50	Св. 100	Св. 200	Св. 400
					до 25	до 50	до 100	до 200	до 400	

Отклонения ширины впадины втулки e

7H	0,5	1,5	ES EI_e EI	+25 +9 0	+28 +10 0	+32 +12 0	+36 +14 0	+40 +15 0	—	—
	2	4	ES EI_e EI	—	+32 +12 0	+36 +14 0	+40 +15 0	+45 +17 0	+50 +18 0	—
	5	10	ES EI_e EI	—	—	+40 +15 0	+45 +17 0	+50 +18 0	+56 +20 0	+63 +23 0
9H	0,5	1,5	ES EI_e EI	+50 +18 0	+56 +20 0	+63 +23 0	+71 +26 0	+80 +30 0	—	—
	2	4	ES EI_e EI	—	+63 +23 0	+71 +26 0	+80 +30 0	+90 +34 0	+100 +37 0	—
	5	10	ES EI_e EI	—	—	+80 +30 0	+90 +34 0	+100 +37 0	+112 +41 0	+125 +45 0
11H	0,5	1,5	ES EI_e EI	+100 +37 0	+112 +41 0	+125 +45 0	+140 +50 0	+160 +60 0	—	—
	2	4	ES EI_e EI	—	+125 +45 0	+140 +50 0	+160 +60 0	+180 +68 0	+200 +75 0	—
	5	10	ES EI_e EI	—	—	+160 +60 0	+180 +68 0	+200 +75 0	+224 +84 0	+250 +90 0

Отклонения толщины зуба вала z

0,5	1,5	es es_e ei	-16 -24 -41	-18 -28 -46	-20 -32 -52	-22 -36 -58	-25 -40 -65	—	—
-----	-----	------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---	---

Продолжение табл. 13

Поле до-пус-ка	Модуль m , мм		Обозначение отклонения	Диаметр d делительной окружности, мм						
				До 12	Св. 12	Св. 25	Св. 50	Св. 100	Св. 200	Св. 400
	От	До			до 25	до 50	до 100	до 200	до 400	
7f	2	4	es es_e ei	—	-20 -32 -52	-22 -36 -52	-25 -45 -65	-28 -45 -73	-32 -50 -82	—
	5	10	es es_e ei	—	—	-25 -40 -65	-28 -45 -73	-32 -50 -82	-36 -56 -92	-40 -63 -103
7h	0,5	1,5	es es_e ei	0 -9 -25	0 -10 -28	0 -12 -32	0 -14 -36	0 -15 -40	—	—
	2	4	es es_e ei	—	0 -12 -32	0 -14 -36	0 -15 -40	0 -17 -45	0 -18 -50	—
	5	10	es es_e ei	—	—	0 -15 -40	0 -17 -45	0 -18 -50	0 -20 -56	0 -23 -63
7n	0,5	1,5	es es_e ei	+32 +23 +7	+36 +26 +8	+40 +28 +8	+44 +30 +8	+50 +35 +10	—	—
	2	4	es es_e ei	—	+40 +28 +8	+44 +30 +8	+50 +35 +10	+56 +39 +11	+64 +46 +14	—
	5	10	es es_e ei	—	—	+50 +35 +10	+56 +38 +11	+64 +46 +14	+72 +52 +16	+80 +57 +17
8f	0,5	1,5	es es_e ei	-16 -30 -32	-18 -33 -58	-20 -37 -65	-22 -40 -72	-25 -45 -81	—	—
	2	4	es es_e ei	—	-20 -37 -65	-22 -40 -72	-25 -45 -81	-28 -51 -91	-32 -58 -103	—
	5	10	es es_e ei	—	—	-25 -45 -81	-28 -51 -91	-32 -58 -103	-36 -66 -116	-40 -74 -130

Продолжение табл. 13

Поле до-пуска	Модуль m , мм		Обозначение отклонения	Диаметр d делительной окружности, мм						
	От	До		До 12	Св. 12	Св. 25	Св. 50	Св. 100	Св. 200	Св. 400
					до 25	до 50	до 100	до 200	до 400	
8k	0,5	1,5	es es_e ei	+16 +2 -20	+18 +3 -22	+20 +3 -25	+22 +4 -28	+25 +5 -31	—	—
	2	4	es es_e ei	—	+20 +3 -25	+22 +4 -28	+25 +5 -31	+28 +5 -35	+32 +6 -39	—
	5	10	es es_e ei	—	—	+25 +5 -31	+28 +5 -35	+32 +6 -39	+36 +6 -44	+40 +6 -50
8p	0,5	1,5	es es_e ei	+48 +34 +12	+54 +39 +14	+60 +43 +15	+66 +48 +16	+75 +55 +19	—	—
	2	4	es es_e ei	—	+60 +43 +15	+66 +48 +16	+75 +55 +19	+84 +61 +21	+96 +70 +25	—
	5	10	es es_e ei	—	—	+75 +55 +19	+84 +61 +21	+96 +70 +25	+108 +78 +28	+120 +86 +30
9d	0,5	1,5	es es_e ei	-32 -50 -82	-36 -56 -92	-40 -63 -103	-44 -70 -115	-50 -80 -130	—	—
	2	4	es es_e ei	—	-40 -63 -103	-44 -70 -115	-50 -80 -130	-56 -90 -146	-64 -101 -164	—
	5	10	es es_e ei	—	—	-50 -80 -130	-56 -90 -146	-64 -101 -164	-72 -113 -184	-80 -125 -205
9g	0,5	1,5	es es_e ei	-8 -26 -58	-9 -29 -65	-10 -33 -73	-11 -37 -82	-12 -42 -92	—	—
	2	4	es es_e ei	—	-10 -33 -73	-11 -37 -82	-12 -42 -92	-14 -48 -104	-16 -53 -116	—

Продолжение табл. 13

Поле до-пуска	Модуль m , мм		Обозначение отклонения	Диаметр d делительной окружности, мм						
	От	До		До 12	Св. 12 до 25	Св. 25 до 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 400	Св. 400
9g	5	10	es	—	—	—12	—14	—16	—18	—20
			es_e	—	—	—42	—48	—53	—59	—65
			ei	—	—	—92	—104	—116	—130	—145
9h	0,5	1,5	es	0	0	0	0	0	—	—
			es_e	—18	—20	—23	—26	—30	—	—
			ei	—50	—56	—63	—71	—80	—	—
	2	4	es	—	0	0	0	0	0	—
			es_e	—	—23	—26	—30	—34	—37	—
			ei	—	—63	—71	—80	—90	—100	—
	5	10	es	—	—	0	0	0	0	0
			es_e	—	—	—30	—34	—37	—41	—45
			ei	—	—	—80	—90	—100	—112	—125
9r	0,5	1,5	es	+64	+72	+80	+88	+100	—	—
			es_e	+46	+52	+57	+62	+70	—	—
			ei	+14	+16	+17	+17	+20	—	—
	2	4	es	—	+80	+88	+100	+112	+128	—
			es_e	—	+57	+62	+70	+78	+91	—
			ei	—	+17	+17	+20	+22	+28	—
	5	10	es	—	—	+100	+112	+128	+144	+160
			es_e	—	—	+70	+78	+91	+103	+115
			ei	—	—	+20	+22	+28	+32	+35
10d	0,5	1,5	es	—32	—36	—40	—44	—50	—	—
			es_e	—58	—66	—74	—81	—91	—	—
			ei	—102	—116	—130	—144	—162	—	—
	2	4	es	—	—40	—44	—50	—56	—64	—
			es_e	—	—74	—81	—91	—101	—114	—
			ei	—	—130	—144	—162	—181	—204	—
	5	10	es	—	—	—50	—56	—64	—72	—80
			es_e	—	—	—91	—101	—114	—132	—148
			ei	—	—	—162	—181	—204	—232	—260
11c	0,5	1,5	es	—48	—54	—60	—66	—75	—	—
			es_e	—85	—95	—105	—116	—135	—	—
			ei	—148	—166	—185	—206	—235	—	—

Продолжение табл. 13

Поле до- пус- ка	Модуль m , мм		Обозначение отклонения	Диаметр d делительной окружности, мм						
	От	До		До 12	Св. 12 до 25	Св. 25 до 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 400	Св. 400
11c	2	4	es es_e ei	—	—60 —105 —185	—66 —116 —206	—75 —135 —235	—84 —152 —264	—96 —171 —296	—
	5	10	es es_e ei	—	—	—75 —135 —235	—84 —152 —264	—96 —171 —296	—108 —192 —332	—120 —210 —370
11a	0,5	1,5	es es_e ei	—80 —117 —180	—90 —131 —202	—100 —145 —225	—110 —160 —250	—125 —185 —285	—	—
	2	4	es es_e ei	—	—100 —145 —225	—110 —160 —250	—125 —185 —285	—140 —208 —320	—160 —235 —360	—
	5	10	es es_e ei	—	—	—125 —185 —285	—140 —208 —320	—160 —235 —360	—180 —264 —404	—200 —290 —450

(исходный) диаметр соединения $D = 50$ мм, модуль $m = 2$ мм, число зубьев (см. табл. 10) $z = 24$, диаметр делительной окружности $d = mz = 2 \cdot 24 = 48$ мм.

Из табл. 11 выписываем номинальные размеры параметров шлицевого вала (при плоской форме дна впадины): толщина зуба по делительной окружности $s = 3,026$ мм; диаметр окружности вершин зубьев $d_a = 49,6$ мм; диаметр окружности впадин $d_{f \max} = D - 2,2m = 50 - 2,2 \cdot 2 = 45,6$ мм;

шлицевой втулки (или плоской форме дна впадины): ширина впадины по делительной окружности $e = 3,026$ мм; диаметр окружности впадины $D_f = D = 50$ мм; диаметр окружности вершин зубьев втулки $D_a = 46$ мм.

Поля допусков для параметров вала и втулки выписываем из табл. 12. Предельные отклонения по размеру $s = e$ находим по табл. 13, верхние и нижние отклонения на нецентрирующие диаметры d_a , d_f , D_a и D_f — по таблицам гл. 2: 9 (для $d9$), 12 (для $h16$) и 7 (для $H11$ и $H16$). Предельные размеры, допуски подсчитываем по формулам (табл. 3, гл. 1) и вписываем в табл. 14.

В табл. 14 указаны предельные размеры и допуски собственно на ширину впадины и толщину зуба. Суммарный допуск втулки $T = 71$ мкм

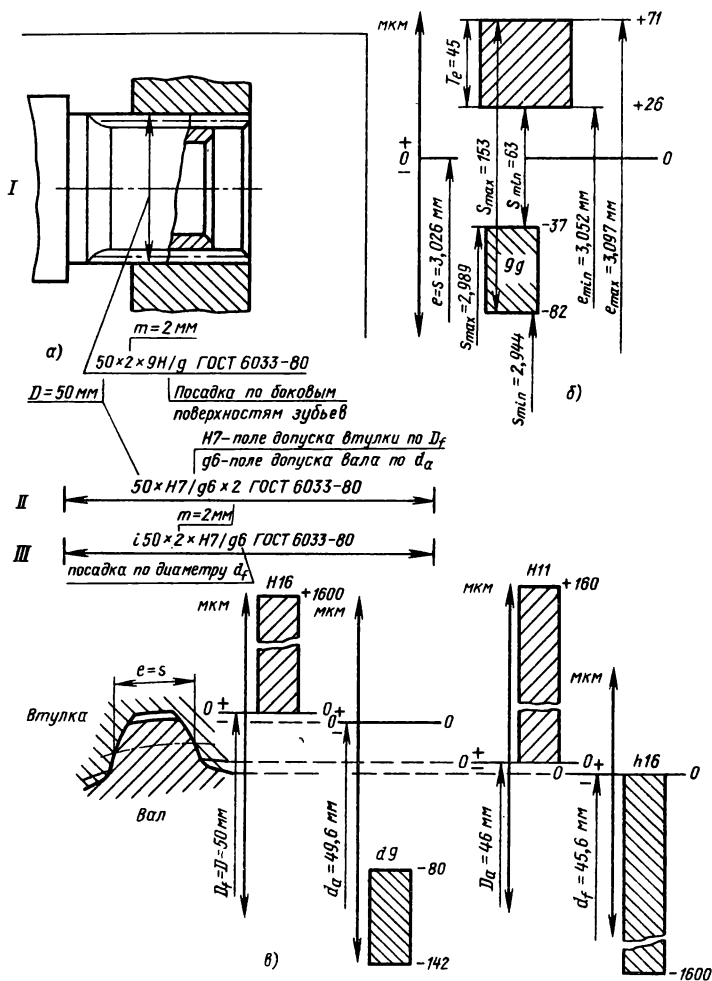


Рис. 9. Обозначение допусков и посадок эвольвентного шлицевого соединения при центрировании:

I — по боковым поверхностям зубьев (а) и схема расположения полей допусков (б и в); *II* — по наружному диаметру; *III* — по внутреннему диаметру

14. Вспомогательная таблица к примеру 3

Параметр, мм	Поле допуска	Предельные отклонения, мкм			Предельные размеры, мм		
		ES (es)	EI_e (es_e)	EI (ei)	max	min	Допуск, мм
Шлицевый вал							
$s = 3,026$	$9g$	-11	-37	-82	2,989	2,944	0,045
$d_a = 49,6$	$d9$	-80	-	-142	49,520	49,458	0,062
$d_f = 45,6$	$h16$	0	-	-1600	45,6	44,0	1,6
Шлицевая втулка							
$e = 3,026$	$9H$	+71	+26	0	3,097	3,052	0,045
$D_f = 50$	$H16$	+1600	-	0	51,6	50,0	1,6
$D_a = 46$	$H11$	+160	-	0	46,16	46,0	0,16

(используется для изготовления комплексных калибров). Поля допусков представлены на рис. 9, б, в.

Определяем предельные зазоры для посадки $9H/g$ по боковым поверхностям зубьев:

$$S_{\max} = e_{\max} - s_{\min} = 3,097 - 2,944 = 0,153 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = e_{\min} - s_{\max} = 3,052 - 2,989 = 0,063 \text{ мм}.$$

Наименьший суммарный зазор между суммарными отклонениями

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-11) = 11 \text{ мкм или } 0,011 \text{ мм}.$$

Глава 6

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

Допуски и посадки метрических резьб нормированы следующими стандартами (табл. 1).

1. Стандарты на допуски и посадки резьбовых соединений

Стандарт	Наименование
ГОСТ 9000–81 (СТ СЭВ 837–78)	ОНВ. Резьба метрическая для диаметров менее 1 мм. Допуски
ГОСТ 16093–81 (СТ СЭВ 640–77)	ОНВ. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.
ГОСТ 4608–81 (СТ СЭВ 306–76)	ОНВ. Резьба метрическая. Посадки с натягом.
ГОСТ 24834–81 (СТ СЭВ 305–76)	ОНВ. Резьба метрическая. Переходные посадки
ГОСТ 11709–81 (СТ СЭВ 1158–78)	ОНВ. Резьба метрическая для деталей из пластмасс
ГОСТ 25229–82 (СТ СЭВ 304–76)	ОНВ. Резьба метрическая коническая

ПАРАМЕТРЫ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ

Резьбы подразделяются на наружные и внутренние. К наружным резьбам относят резьбу болта, шпильки, винта и т. д. (рис. 1, а), к внутренним резьбам — резьбу гайки, гнезда, муфты и т. д. (рис. 1, б).

Параметры резьбы: наружный диаметр $d(D)$, внутренний диаметр $d_1(D_1)$, средний диаметр $d_2(D_2)$, шаг P , угол профиля α и длина свинчивания L . Все параметры характеризуются номинальными размерами, каждый из которых одинаков для болта (шпильки, винта) и для гайки (гнезда). Диаметры наружной резьбы обозначают строчной латинской буквой d , d_1 , d_2 , а диаметры внутренней резьбы — прописной D , D_1 и D_2 .

Номинальным диаметром резьбы является наружный диаметр $d = D$ (рис. 1, в) — диаметр воображаемого цилиндра, касательного к вершинам наружной резьбы или впадинам внутренней резьбы.

Средний диаметр $d_2 = D_2$ (рис. 1, г) — диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль

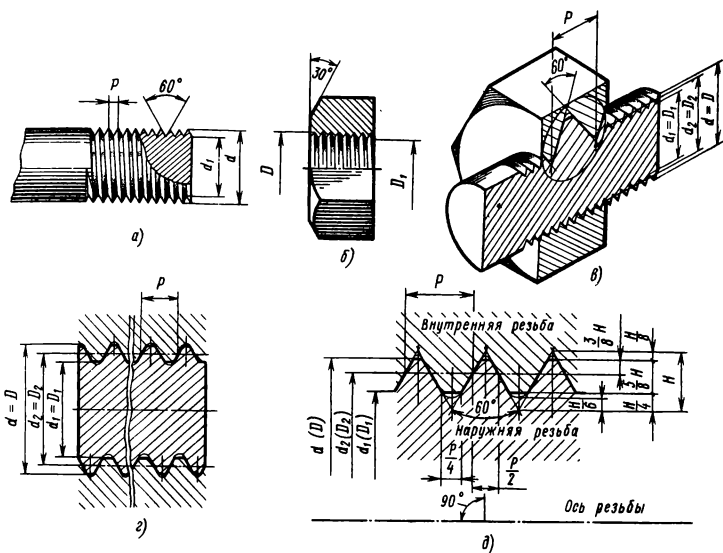


Рис. 1. Наружная (а), внутренняя (б) резьба, соединение болта с гайкой (в) и параметры резьбы (г и д)

витков в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага P (для однозаходной резьбы). Образующая цилиндра пересекает номинальный профиль резьбы (витков) так, что ширина канавки равна ширине выступа.

Внутренний диаметр $d_1 = D_1$ — диаметр воображаемого цилиндра, вписанного касательно к вершинам внутренней резьбы или впадинам наружной резьбы.

Шаг P — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеренное в направлении, параллельном оси резьбы.

Угол профиля $\alpha = 60^\circ$ — угол между боковыми сторонами профиля в осевой плоскости.

Длина свинчивания (высота гайки) L — длина соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьб в осевом сечении.

Профиль резьбы (рис. 1, д) характеризуется параметром H — высотой исходного профиля. Форма впадины наружной и внутренней резьбы не регламентирована и выполняется закругленной. Форма впадины наружной резьбы может быть плоскосрезанной.

2. Резьба метрическая. Диаметры и шаги (ГОСТ 8724—81), мм

Номинальный диаметр			Шаг <i>P</i>		Номинальный диаметр			Шаг <i>P</i>	
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	крупный	мелкий	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	крупный	мелкий
1; 1,2 — 1,6	1,1 1,4 1,8	— — —	0,25 0,3 0,35	0,2	—	—	25	—	2; 1,5; (1)
					—	—	(26)	—	1,5
2	—	—	0,4	0,25	—	—	(28)	—	2; 1,5; 1,0
—	2,2	—	0,45	0,25	30	—	—	—	2; 1,5; 1
2,5	—	—	0,45	0,35	—	33	—	3,5	(3); 0,75
3	—	—	0,5		—	—	(32)	—	2; 1,5
—	3,5	—	(0,6)	0,5	—	—	35(38)	—	1,5
4	—	—	0,7		36	39	—	4	3; 2; 1,5; 1
—	4,5	—	(0,75)		—	—	40; 50	—	(3); (2); 1,5
5	—	—	0,8		42	45	—	4,5	(4); 3; 2;
—	—	(5,5)	—	0,75; 0,5	48	52	—	5	1,5; 1
6	—	7	1		—	—	55	—	(4); (3); 2; 1,5
8	—	—	1,25	1; 0,75;	—	—	—	—	(4); (3); 2; 1,5
—	—	9	(1,25)	0,5	—	—	—	—	—
10	—	—	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5	56	60	—	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
—	—	11	(1,5)	1; 0,75; 0,5	—	—	58 62	— —	(4); (3); 2; 1,5
12	—	—	1,75	1,5; 1,25; 1	64	68	—	6	4; 3; 2; 1,5; 1
—	14	—	2	0,75; 0,5	—	—	65	—	(4); (3); 2; 1,5
—	—	15	—	1,5; (1)	—	—	70	—	(6); (4); (3); 2; 1,5
16	—	—	2	1,5; 1; 0,75; 0,5	72; 80	76	—	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
20	18	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75	—	—	75	—	(4); (3); 2; 1,5
—	22	—		0,5	—	—	—	—	—
24	27	—	3	2; 1,5; 1; 0,75	—	—	(78); (82)	—	2

Продолжение табл. 2

Номинальный диаметр			Шаг P		Номинальный диаметр			Шаг P	
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	крупный	мелкий	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	крупный	мелкий
90	85; 95;	135				300	255; 265; 270; 275; 285; 290; 295		
100; 110; 125; 140	105; 115; 120; 130; 150	145	—	6; 4; 3; 2; 1,5					
160; 180	170	155; 165; 175		6; 4; 3; 2	320; 360	340; 380	310; 330; 350; 370; 390		6; 4
200	190	185; 195		6; 4; 3; 2	400				
220; 250	210; 240	205; 215; 225; 230; 235; 245;			450; 500; 550; 600	420; 480; 520; 580	410; 430; 440; 460; 470; 490; 510; 530; 540; 560; 570; 590		6
280	260;	245;		6; 4; 3					

Примечания: 1. При выборе номинальных диаметров резьбы следует предпочитать 1-й ряд 2-му, а 2-й — 3-му.

2. Диаметры и шаги резьб, заключенные в скобки, по возможности не применять.

Метрическую резьбу для диаметров от 1 до 600 мм делят на два типа: с крупным шагом для диаметров от 1 до 68 мм (обозначают без указания шага), например M10, и с мелким шагом для диаметров от 1 до 600 мм (обозначают, например, M10×1, где 1 — шаг).

Номинальные диаметры резьбы и шаги нормированы ГОСТ 8724—81, выдержки из стандарта приведены в табл. 2. Основные размеры резьбы по ГОСТ 24705—81 для номинальных диаметров от 0,25 до 180 мм даны в табл. 3.

3. Резьба метрическая. Основные размеры по ГОСТ 24705–81, мм

Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)		Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)	
		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$			$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
0,25	0,075	0,201	0,169	2	0,4	1,740	1,567
0,3	0,08	0,248	0,213		0,25	1,838	1,729
0,35	0,09	0,292	0,253	2,2	0,45	1,908	1,713
0,4	0,1	0,335	0,292		0,25	2,038	1,929
0,45		0,385	0,342	2,5	0,45	2,208	2,013
0,5	0,125	0,419	0,365		0,35	2,273	2,121
0,55		0,469	0,415	3	0,5	2,675	2,459
0,6	0,15	0,503	0,438		0,35	2,773	2,621
0,7	0,175	0,586	0,511	3,5	0,6	3,110	2,850
0,8	0,2	0,670	0,583		0,35	3,273	3,121
0,9	0,225	0,754	0,656	4	0,7	3,545	3,242
					0,5	3,675	3,459
1	0,25	0,838	0,729	4,5	0,75	4,013	3,688
	0,2	0,870	0,783		0,5	4,175	3,959
1,1	0,25	0,938	0,829	5	0,8	4,480	4,134
	0,2	0,970	0,883		0,5	4,675	4,459
1,2	0,25	1,038	0,929	5,5	0,5	5,175	4,959
	0,2	1,070	0,983		1	5,350	4,917
1,4	0,3	1,205	1,075	6	0,75	5,513	5,188
	0,2	1,270	1,183		0,5	5,675	5,459
1,6	0,35	1,373	1,221	7	1	6,350	5,917
	0,2	1,470	1,383		0,75	6,513	6,188
1,8	0,35	1,573	1,421		0,5	6,675	6,459
	0,2	1,670	1,583				

Продолжение табл. 3

Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)		Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)	
		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$			$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
8	1,25	7,188	6,647	14	2	12,701	11,835
	1	7,350	6,917		1,5	13,026	12,376
	0,75	7,513	7,188		1,25	13,188	12,647
	0,5	7,675	7,459		1	13,350	12,917
9	1,25	8,188	7,647	15	0,75	13,513	13,188
	1	8,350	7,917		0,5	13,675	13,459
	0,75	8,513	8,188		1,5	14,026	13,376
	0,5	8,675	8,459		1	14,350	13,917
10	1,5	9,026	8,376	16	2	14,701	13,835
	1,25	9,188	8,647		1,5	15,026	14,376
	1	9,350	8,917		0,75	15,513	15,188
	0,75	9,513	9,188		1	15,350	14,917
	0,5	9,675	9,459	17	0,5	15,675	15,459
11	1,5	10,026	9,376		1,5	16,026	15,376
	1	10,350	9,917	18	1	16,350	15,917
	0,75	10,513	10,188		2,5	16,376	15,294
	0,5	10,675	10,459		2	16,701	15,835
12	1,75	10,863	10,106		1,5	17,026	16,376
	1,5	11,026	10,376		1	17,350	16,917
	1,25	11,188	10,647		0,75	17,513	17,188
	1	11,350	10,917	20	0,5	17,675	17,459
	0,75	11,513	11,188		2,5	18,376	17,294
	0,5	11,675	11,459		2	18,701	17,835
					1,5	19,026	18,376

Продолжение табл. 3

Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)		Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)	
		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$			$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
20	1	19,350	18,917	28	2	26,701	25,835
	0,75	19,513	19,188		1,5	27,026	26,376
	0,5	19,675	19,459		1	27,350	26,917
22	2,5	20,376	19,294	30	3,5	27,727	26,211
	2	20,701	19,835		3	28,051	26,752
	1,5	21,026	20,376		2	28,701	27,835
	1	21,350	20,917		1,5	29,026	28,376
	0,75	21,513	21,188		1	29,350	28,917
	0,5	21,675	21,459		0,75	29,513	29,188
	3	22,051	20,752	32	2	30,701	29,835
	2	22,701	21,835		1,5	31,026	30,376
24	1,5	23,026	22,376	33	3,5	30,727	29,211
	1	23,350	22,917		3	31,051	29,752
	0,75	23,513	23,188		2	31,701	30,835
	2	23,701	22,835		1,5	32,026	31,376
	1	24,350	23,917		1	32,350	31,917
25	2	23,701	22,835		0,75	32,513	32,188
	1,5	24,026	23,376	35	1,5	34,026	33,376
	1	24,350	23,917		4	33,402	31,670
26	1,5	25,026	24,376	36	3	34,051	32,752
27	3	25,051	23,752		2	34,701	33,835
	2	25,701	24,835		1,5	35,026	34,376
	1,5	26,026	25,376		1	35,350	34,917
	1	26,350	25,917				
	0,75	26,513	26,188				

Продолжение табл. 3

Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)		Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)	
		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$			$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
38	1,5	37,026	36,376	48	3	46,051	44,752
39	4	36,402	34,670		2	46,701	45,835
	3	37,051	35,752		1,5	47,026	46,376
	2	37,701	36,835		1	47,350	46,917
40	1,5	38,026	37,376	50	3	48,051	46,752
	1	38,350	37,917		2	48,701	47,835
	3	38,051	36,752		1,5	49,026	48,376
	2	38,701	37,835		5	48,752	46,587
42	1,5	39,026	38,376	52	4	49,402	47,670
	4,5	39,077	37,129		3	50,051	48,752
	4	39,402	37,670		2	50,701	49,835
	3	40,051	38,752		1,5	51,026	50,376
45	2	40,701	39,835	55	1	51,350	50,917
	1,5	41,026	40,376		4	52,402	50,670
	1	41,350	40,917		3	53,051	51,752
	4,5	42,077	40,129		2	53,701	52,835
48	4	42,402	40,670	56	1,5	54,026	53,376
	3	43,051	41,752		5,5	52,428	50,046
	2	43,701	42,835		4	53,402	51,670
	1,5	44,026	43,376		3	54,051	52,752
49	1	44,350	43,917		2	54,701	53,835
	5	44,752	42,587		1,5	55,026	54,376
	4	45,402	43,670		1	55,350	54,917

Продолжение табл. 3

Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)		Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)	
		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$			$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
58	4	55,402	53,670	65	1,5	64,026	63,376
	3	56,051	54,752	68	6	64,103	61,505
	2	56,701	55,835		4	65,402	63,670
	1,5	57,026	56,376		3	66,051	64,752
60	5,5	56,428	54,046		2	66,701	65,835
	4	57,402	55,670		1,5	67,026	66,376
	3	58,051	56,752		1	67,350	66,917
	2	58,701	57,835	70	6	66,103	63,505
	1,5	59,026	58,376		4	67,402	65,670
	1	59,350	58,917		3	68,051	66,752
62	4	59,402	57,670		2	68,701	67,835
	3	60,051	58,752	72	1,5	69,026	68,376
	2	60,701	59,835		6	68,103	65,505
	1,5	61,026	60,376		4	69,402	67,670
64	6	60,103	57,505		3	70,051	68,752
	4	61,402	59,670		2	70,701	69,835
	3	62,051	60,752		1,5	71,026	70,376
	2	62,701	61,835		1	71,350	70,917
	1,5	63,026	62,376	75	4	72,402	70,670
	1	63,350	62,917		3	73,051	71,752
65	4	62,402	60,670		2	73,701	72,835
	3	63,051	61,752		1,5	74,026	73,376
	2	63,701	62,835		6	72,103	69,505

Продолжение табл. 3

Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)		Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)	
		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$			$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
76	4	73,402	71,670	95	6	91,103	88,505
	3	74,051	72,752		4	92,402	90,670
	2	74,701	73,835		3	93,051	91,752
	1,5	75,026	74,376		2	93,701	92,835
	1	75,350	74,917		1,5	94,026	93,376
78	2	76,701	75,835	100	6	96,103	93,505
80	6	76,103	73,505		4	97,402	95,670
	4	77,402	75,670		3	98,051	96,752
	3	78,051	76,752		2	98,701	97,835
	2	78,701	77,835		1,5	99,026	98,376
	1,5	79,026	78,376	105	6	101,103	98,505
82	1	79,350	78,917		4	102,402	100,670
	2	80,701	79,835		3	103,051	101,752
85	6	81,103	78,505		2	103,701	102,835
	4	82,402	80,670		1,5	104,026	103,376
	3	83,051	81,752	110	6	106,103	103,505
	2	83,701	82,835		4	107,402	105,670
	1,5	84,026	83,376		3	108,051	106,752
90	6	86,103	83,505		2	108,701	107,835
	4	87,402	85,670		1,5	109,026	108,376
	3	88,051	86,752	115	6	111,103	108,505
	2	88,701	87,835		4	112,402	110,670
	1,5	89,026	88,376		3	113,051	111,752

Продолжение табл. 3

Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)		Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)	
		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$			$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
115	2	113,701	112,835	140	4	137,402	135,670
	1,5	114,026	113,376		3	138,051	136,752
120	6	116,103	113,505		2	138,701	137,835
	4	117,402	115,670	145	1,5	139,026	138,376
	3	118,051	116,752		6	141,103	138,505
	2	118,701	117,835		4	142,402	140,670
	1,5	119,026	118,376		3	143,051	141,752
	6	121,103	118,505		2	143,701	142,835
125	4	122,402	120,670		1,5	144,026	143,376
	3	123,051	121,752	150	6	146,103	143,505
	2	123,701	122,835		4	147,402	145,670
	1,5	124,026	123,376		3	148,051	146,752
	6	126,103	123,505		2	148,701	147,835
	4	127,402	125,670		1,5	149,026	148,376
130	3	128,051	126,752	155	6	151,103	148,505
	2	128,701	127,835		4	152,402	150,670
	1,5	129,026	128,376		3	153,051	151,752
	6	131,103	128,505		2	153,701	152,835
	4	132,402	130,670	160	6	156,103	153,505
	3	133,051	131,752		4	157,402	155,670
135	2	133,701	132,835		3	158,051	156,752
	1,5	134,026	133,376		2	158,701	157,835
140	6	136,103	133,505	165	6	161,103	158,505

Продолжение табл. 3

Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)		Диаметр $d(D)$	Шаг P	Диаметры резьбы (см. рис. 1)	
		$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$			$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
165	4	162,402	160,670	175	4	172,402	170,670
	3	163,051	161,752		3	173,051	171,752
	2	163,701	162,835		2	173,701	172,835
170	6	166,103	163,505	180	6	176,103	173,505
	4	167,402	165,670		4	177,402	175,670
	3	168,051	166,752		3	178,051	176,752
	2	168,701	167,835		2	178,701	177,835
175	6	171,103	168,505				

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ С ЗАЗОРАМИ

Закономерности построения систем допусков и посадок для цилиндрических и резьбовых соединений одинаковы, однако значения допусков различны. Поэтому качества точности не могут быть применены для резьбовых деталей. Для резьбовых деталей приняты *степени точности*, обозначаемые цифрами в порядке убывания точности: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10.

В качестве основного принят ряд допусков 6-й степени точности (их вычисляют по эмпирическим формулам, приведенным в ГОСТ 16093—81, приложение 1). Предпочтительной является 6-я степень точности. Резьбу 6-й степени точности получают при фрезеровании, накатывании роликами, нарезании резцом, гребенкой, плашкой, метчиком.

Положение поля допуска резьбы относительно номинального диаметра (нулевой линии) определяет основное отклонение, вычисляемое по формулам в зависимости от шага профиля. Основные отклонения внутренней резьбы равны основным отклонениям наружной резьбы, обозначенным одноименными буквами, но противоположны по знаку. Например, если основное отклонение G внутренней резьбы является нижним отклонением EI (со знаком «плюс»), то основное отклонение g наружной резьбы будет верхним отклонением es со знаком «минус». Тогда $EI = -(es)$. Вторые предельные отклонения вычисляют, как и для цилиндрических соединений, по формулам (4) и (5) гл. 2.

Обозначение полей допусков резьбы отличается от обозначения полей допусков гладких цилиндрических изделий тем, что степень точно-

сти указывается перед буквенным обозначением основного отклонения: например, $7H$ означает поле допуска резьбы 7-й степени точности с основным отклонением H , равным нулю; $M10-6g$ означает поле допуска наружной резьбы номинального диаметра $d = 10$ мм с крупным шагом (по табл. 2 $P=1,5$ мм) 6-й степени точности основным отклонением g (для посадки с зазором).

Основные отклонения для резьбы показаны на рис. 2.

Длина свинчивания влияет на точность резьбы. Так, с увеличением длины свинчивания усложняется получение высокой точности резьб. Поэтому для выбора степени точности в зависимости от длины свин-

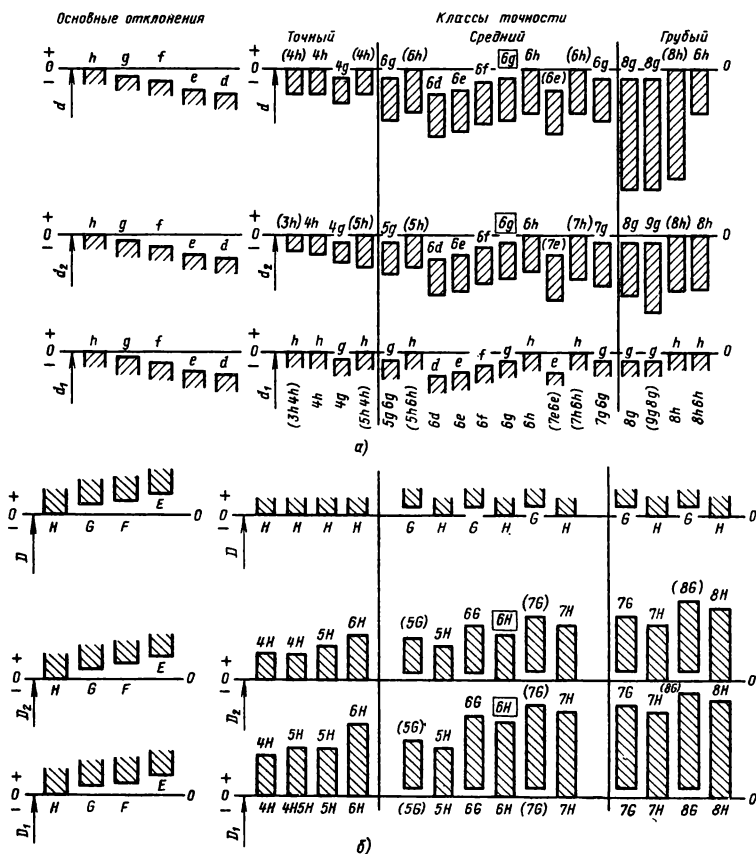


Рис. 2. Основные отклонения и ограничительный отбор полей допусков наружной резьбы (а) и внутренней резьбы (б) для посадок с зазорами

чивания установлено три группы длин свинчивания, приведенные в табл. 4: *короткие S*, *нормальные N* и *длинные L*.

Нормальную длину свинчивания в условном обозначении резьбы не указывают. Длину свинчивания, к которой относится допуск резьбы, указывают в миллиметрах только в том случае, если она относится к группе *L* и *S*, или меньше, чем вся длина резьбы, например $M12-7g-30$, где 30 — длина свинчивания (в мм), отличающаяся от нормальной (см. табл. 4).

Поля допусков наружной и внутренней резьб для образования посадок с зазором установлены в зависимости от длины свинчивания трех классов точности — точный, средний и грубый. Резьбы *точного класса* (табл. 5) применяют для ответственных, нагруженных резьбовых соединений, обеспечивающих точное центрирование, а также для посадок высокой точности. Резьбы *среднего класса* являются наиболее распространенными в машиностроении. Резьбы *грубого класса* применяют при пониженных требованиях к точности, например в длинных глухих отверстиях. Поля допусков наружной резьбы даны на рис. 2, а, а для внутренней резьбы — на рис. 2, б. Как видно из приведенных рисунков, поля допусков по внутреннему диаметру наружной резьбы и по наруж-

4. Длины свинчивания метрической резьбы с зазорами, мм

Номи- нальный диаметр <i>d</i>	Шаг <i>P</i>	Длина свинчивания				Номи- нальный диаметр <i>d</i>	Шаг <i>P</i>	Длина свинчивания						
		<i>S</i>		<i>N</i>				<i>S</i>		<i>N</i>				
		До	Св.	До	Св.			До	Св.	До	Св.			
От 1 до 1,4	0,2 0,25 0,3	0,5 0,6 0,7	0,5 0,6 0,7	1,4 1,7 2	1,4 1,7 2	Св. 5,6 до 11,2	1 1,25 1,5	3 4 5	3 4 5	9 12 15	9 12 15			
Св. 1,4 до 2,8	0,2 0,25 0,35 0,4 0,45	0,5 0,6 0,8 1 1,3	0,5 0,6 0,8 1 1,3	1,5 1,9 2,6 3 3,8	1,5 1,9 2,6 3 3,8		Св. 11,2 до 22,4	0,35 0,5 0,75 1 1,25 1,5 1,75 2 2,5	1,3 1,8 2,8 3,8 4,5 5,6 6 8 10	1,3 1,8 2,8 3,8 4,5 5,6 6 8 10	3,8 5,5 8,3 11 13 16 18 24 30	3,8 5,5 8,3 11 13 16 18 24 30		
	Св. 2,8 до 5,6	0,25 0,35 0,5 0,6 0,7 0,75 0,8	0,7 1 1,5 1,7 2 2,2 2,5	0,7 1 1,5 1,7 2 2,2 2,5	2,1 3 4,5 5 6 6,7 7,5			2,1 3 4,5 5 6 6,7 7,5	Св. 22,4 до 45	0,5 0,75 1 1,5 2 3 3,5 4	2,1 3,1 4 6,3 8,5 12 15 18	2,1 3,1 4 6,3 8,5 12 15 18	6,3 9,5 12 19 25 36 45 53	6,3 9,5 12 19 25 36 45 53
		Св. 5,6 до 11,2	0,25 0,35 0,5 0,75	0,8 1,1 1,6 2,4	0,8 1,1 1,6 2,4	2,4 3,4 4,7 7,1		2,4 3,4 4,7 7,1						

Продолжение табл. 4

Номи- нальный диаметр <i>d</i>	Шаг <i>P</i>	Длина свинчивания				Номи- нальный диаметр <i>d</i>	Шаг <i>P</i>	Длина свинчивания			
		<i>S</i>		<i>N</i>				<i>S</i>		<i>N</i>	
		До	Св.	До	Св.			До	Св.	До	Св.
Св. 22,4 до 45	4,5	21	21	63	63	Св. 90 до 180	1,5	8,3	8,3	25	25
Св. 45 до 90	0,5	2,4	2,4	7,1	7,1		2	12	12	36	36
	0,75	3,6	3,6	11	11		3	18	18	53	53
	1	4,8	4,8	14	14		4	24	24	71	71
	1,5	7,5	7,5	22	22		6	36	36	106	106
	2	9,5	9,5	28	28	Св. 180 до 355	1,5	9,5	9,5	28	28
	3	15	15	45	45		2	13	13	38	38
	4	19	19	56	56		3	20	20	60	60
	5	24	24	71	71		4	26	26	80	80
	5,5	28	28	85	85		6	40	40	118	118
	6	32	32	95	95	Св. 355 до 600	2	15	15	45	45
Св. 90 до 180	0,75	4,2	4,2	12	12		4	29	29	87	87
	1	5,6	5,6	16	16		6	43	43	130	130

5. Поля допусков метрической резьбы с зазорами, установленные в классах точности

Класс точности	Длина свинчивания											
	S		N		L		S		N		L	
	Поля допусков наружной резьбы (табл. 6—8)						Поле допуска внутренней резьбы (табл. 9 и 10)					
Точный	(3h4h)	4g	4h		(5h4h)		4H	4H5H	5H	6H		
Средний	5g6g	6g	6d	6f	(7e6e)		(5G)	6G	6H	(7G)	7H	
	(5h6h)	6h	6e		7g6g (7h6h)		5H					
Грубый	—	8g	(8h)*		(9g8g)		—	7G	7H	(8G)	8H	

* Поля допусков предназначены только для резьбы с $P \geq 0,8$ мм.

Примечания: 1. Применение полей допусков, заключенных в рамки, предпочтительно.

2. Применение полей допусков, заключенных в скобки, ограничено.

3. Для резьбы с $P < 0,8$ мм применяют поле допуска 8h6h.

ному диаметру внутренней резьбы не назначаются, так как форма впадин по указанным диаметрам обеспечивается резьбонарезным инструментом.

Стандарт предусматривает также резьбу с разными степенями точности по диаметрам, например для наружной резьбы поле допуска по среднему диаметру 7-й степени точности, а по наружному диаметру — 6-й степени. В этом случае поле допуска резьбы обозначают двумя полями допусков, причем на первом месте (слева) всегда указывают поле допуска среднего диаметра, например *7g6g*. Аналогично для внутренней резьбы обозначение *4H5H* означает, что поле допуска по среднему диаметру — 4-й степени точности, а по внутреннему диаметру — 5-й степени.

При изготовлении резьбовых изделий неизбежно возникают погрешности диаметра, шага и угла профиля резьбы. Поэтому погрешности диаметров, шага, а также угла профиля должны быть нормированы и ограничены. В таблицах ГОСТ 16093—81 допуски на шаг и угол профиля отсутствуют, так как предельные погрешности шага резьбы и угла пересчитаны и приведены к среднему диаметру резьбы; выражают их в микрометрах.

Допуск среднего диаметра резьбы называется *суммарным*, он включает допустимое отклонение собственно среднего диаметра Δd_2 (ΔD_2) и сумму диаметральных компенсаций погрешностей шага и угла профиля ($f_P + f_\alpha$);

$$Td_2 = \Delta d_2 + f_P + f_\alpha; TD_2 = \Delta D_2 + f_P + f_\alpha, \quad (1)$$

где Td_2 — суммарный допуск на средний диаметр наружной резьбы (для внутренней резьбы — TD_2); $f_P = 1,73 \Delta P$ — диаметральная компенсация погрешности шага (ΔP — погрешность шага в мкм); $f_\alpha = 0,36 P \Delta \frac{\alpha}{2}$ — диаметральная компенсация погрешности угла профиля ($\Delta \frac{\alpha}{2}$ — погрешность угла в минутах).

Согласно ГОСТ 11708—82 *суммарный допуск* среднего диаметра резьбы — допуск, ограничивающий отклонения как приведенного среднего диаметра, так и среднего диаметра резьбы. *Приведенным средним диаметром* резьбы называется средний диаметр воображаемой идеальной резьбы, которая имеет тот же шаг и угол профиля, что и основной или номинальный профиль резьбы, и длину, равную заданной длине свинчивания, и которая плотно, без взаимного смещения или натяга сопрягается с реальной резьбой по боковым сторонам резьбы.

В табл. 6—10 для всех полей допусков наружной и внутренней резьбы приведены значения верхних и нижних отклонений диаметров резьбы. В табл. 6 верхнее отклонение es не указано, так как оно равно нулю (см. рис. 2, а). По этой же причине отсутствует нижнее отклонение EI в табл. 9, оно равно нулю. Для наружной резьбы допуски предусмо-

6. Поля допусков наружной резьбы с зазорами.

Нижние отклонения ei наружного d и среднего d_2 диаметров резьбы

Номинальный диаметр d , мм	Шаг P , мм	Поля допусков наружной резьбы (болтов)											
		4h		5h4h		5h6h		6h		7h6h		8h	
		d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d
		ei (—) мкм, $es=0$											
От 1 до 1,4	0,2	30	36	38	36	38	56	48	56	60	56	75	56
	0,25	34	42	42	42	42	67	53	67	67	67	85	67
	0,3	36	48	45	48	45	75	56	75	71	75	90	75
Св. 1,4 до 2,8	0,2	32	36	40	36	40	56	50	56	63	56	80	56
	0,25	36	42	45	42	45	67	56	67	71	67	90	67
	0,35	40	53	50	53	50	85	63	85	80	85	100	85
	0,4	42	60	53	60	53	95	67	95	85	95	106	95
	0,45	45	63	56	63	56	100	71	100	90	100	112	100
Св. 2,8 до 5,6	0,25	36	42	45	42	45	67	56	67	71	67	—	—
	0,35	42	53	53	53	53	85	67	85	85	85	106	85
	0,5	48	67	60	67	60	106	75	106	95	106	118	106
	0,6	53	80	67	80	67	125	85	125	106	125	132	125
	0,7	56	90	71	90	71	140	90	140	112	140	140	140
	0,75	56	90	71	90	71	140	90	140	112	140	140	140
	0,8	60	95	75	95	75	150	95	150	118	150	150	236
Св. 5,6 до 11,2	0,25	40	42	50	42	50	67	63	67	80	67	—	—
	0,35	45	53	56	53	56	85	71	85	90	85	—	—
	0,5	53	67	67	67	67	106	85	106	106	106	132	106
	0,75	63	90	80	90	80	140	100	140	125	140	160	140
	1	71	112	90	112	90	180	112	180	140	180	180	280
	1,25	75	132	95	132	95	212	118	212	150	212	190	335
	1,5	85	150	106	150	106	236	132	236	170	236	212	375
Св. 11,2 до 22,4	0,35	48	53	60	53	60	85	75	85	95	85	—	—
	0,5	56	67	71	67	71	106	90	106	112	106	140	106
	0,75	67	90	85	90	85	140	106	140	132	140	170	140
	1	75	112	95	112	95	180	118	180	150	180	190	280
	1,25	85	132	106	132	106	212	132	212	170	212	212	335
	1,5	90	150	112	150	112	236	140	236	180	236	224	375
	1,75	95	170	118	170	118	265	150	265	190	265	236	425
	2	100	180	125	180	125	280	160	280	200	280	250	450
	2,5	106	212	132	212	132	335	170	335	212	335	265	530
Св. 22,4 до 45	0,5	60	67	75	67	75	106	95	106	118	106	—	—
	0,75	71	90	90	90	90	140	112	140	140	140	180	140
	1	80	112	100	112	100	180	125	180	160	180	200	280
	1,5	95	150	118	150	118	236	150	236	190	236	236	375
	2	106	180	132	180	132	280	170	280	212	280	265	450
	3	125	236	160	236	160	375	200	375	250	375	315	600
	3,5	132	265	170	265	170	425	212	425	265	425	335	670

Продолжение табл. 6

Номи- нальный диаметр <i>d</i> , мм	Шаг <i>P</i> , мм	Поля допусков наружной резьбы (болтов)											
		4 <i>h</i>		5 <i>h</i> 4 <i>h</i>		5 <i>h</i> 6 <i>h</i>		6 <i>h</i>		7 <i>h</i> 6 <i>h</i>		8 <i>h</i>	
		<i>d</i> ₂	<i>d</i>	<i>d</i> ₂	<i>d</i>	<i>d</i> ₂	<i>d</i>	<i>d</i> ₂	<i>d</i>	<i>d</i> ₂	<i>d</i>	<i>d</i> ₂	<i>d</i>
		<i>ei</i> (—) мкм, <i>es</i> = 0											
Св. 22,4 до 45	4	140	300	180	300	180	475	224	475	280	475	355	750
	4,5	150	315	190	315	190	500	236	500	300	500	375	800
Св. 45 до 90	0,5	63	67	80	67	80	106	100	106	125	106	—	—
	0,75	75	90	95	90	95	140	118	140	150	140	—	—
	1	90	112	112	112	112	180	140	180	180	180	224	280
	1,5	100	150	125	150	125	236	160	236	200	236	250	375
	2	112	180	140	180	140	280	180	280	224	280	280	450
	3	132	236	170	236	170	375	212	375	265	375	335	600
	4	150	300	190	300	190	475	236	475	300	475	375	750
	5	160	335	200	335	200	530	250	530	315	530	400	850
	5,5	170	355	212	355	212	560	265	560	335	560	425	900
	6	180	375	224	375	224	600	280	600	355	600	450	950
Св. 90 до 180	0,75	80	90	100	90	100	140	125	140	160	140	—	—
	1	95	112	118	112	118	180	150	180	190	180	—	—
	1,5	106	150	132	150	132	236	170	236	212	236	265	375
	2	118	180	150	180	150	280	190	280	236	280	300	450
	3	140	236	180	236	180	375	224	375	280	375	355	600
	4	160	300	200	300	200	475	250	475	315	475	400	750
	6	190	375	236	375	236	600	300	600	375	600	475	950
Св. 180 до 355	1,5	112	150	140	150	140	236	180	236	224	236	280	375
	2	132	180	170	180	170	280	212	280	265	280	335	450
	3	160	236	200	236	200	375	250	375	315	375	400	600
	4	180	300	224	300	224	475	280	475	355	475	450	750
	6	200	375	250	375	250	600	315	600	400	600	500	950
Св. 355 до 600	2	140	180	180	180	180	280	224	280	280	280	355	450
	4	190	300	236	300	236	475	300	475	375	475	475	750
	6	212	375	265	375	265	600	335	600	425	600	530	950

7. Поля допусков наружной резьбы с зазорами. Верхнее es (основное отклонение) и нижнее ei отклонения наружного d и среднего d_2 диаметров резьбы

Номинальный диаметр d , мм	Шаг P , мм	es , мкм	Поля допусков наружной резьбы (болтов)									
			$4g$		$5g6g$		$6g$		$7g6g$		$8g$	
			d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d
			$ei (-)$, мкм									
От 1 до 1,4	0,2	-17	47	53	55	73	65	73	77	73	-	-
	0,25	-18	52	60	60	85	71	85	85	85	-	-
	0,3	-18	54	66	63	93	74	93	89	93	-	-

Продолжение табл. 7

Номинальный диаметр d , мм	Шаг P , мм	es , мкм	Поля допусков наружной резьбы (болтов)									
			4g		5g6g		6g		7g6g		8g	
			d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d	d_2	d
			ei (—), мкм									
Св. 1,4 до 2,8	0,2	— 17	49	53	57	73	67	73	80	73	—	—
	0,25	— 18	54	60	63	85	74	85	89	85	—	—
	0,35	— 19	59	72	69	104	82	104	99	104	—	—
	0,4	— 19	61	79	72	114	86	114	104	114	—	—
	0,45	— 20	65	83	76	120	91	120	110	120	—	—
Св. 2,8 до 5,6	0,25	— 18	54	60	63	85	74	85	89	85	—	—
	0,35	— 19	61	72	72	104	86	104	104	104	—	—
	0,5	— 20	68	87	80	126	95	126	115	126	—	—
	0,6	— 21	74	101	88	146	106	146	127	146	—	—
	0,7	— 22	78	112	93	162	112	162	134	162	—	—
	0,75	— 22	78	112	93	162	112	162	134	162	—	—
	0,8	— 24	84	119	99	174	119	174	142	174	174	260
Св. 5,6 до 11,2	0,25	— 18	58	60	68	85	81	85	98	85	—	—
	0,35	— 19	64	72	75	104	90	104	109	104	—	—
	0,5	— 20	73	87	87	126	105	126	126	126	—	—
	0,75	— 22	85	112	102	162	122	162	147	162	—	—
	1	— 26	97	138	116	206	138	206	166	206	206	306
	1,25	— 28	103	160	123	240	146	240	178	240	218	363
	1,5	— 32	117	182	138	268	164	268	202	268	244	407
Св. 11,2 до 22,4	0,35	— 19	67	72	79	104	94	104	114	104	—	—
	0,5	— 20	76	87	91	126	110	126	132	126	—	—
	0,75	— 22	89	112	107	162	128	162	154	162	—	—
	1	— 26	101	138	121	206	144	206	176	206	216	306
	1,25	— 28	113	160	134	240	160	240	198	240	240	363
	1,5	— 32	122	182	144	268	172	268	212	268	256	407
	1,75	— 34	129	204	152	299	184	299	224	299	270	459
	2	— 38	138	218	163	318	198	318	238	318	288	488
	2,5	— 42	148	254	174	377	212	377	254	377	307	572
Св. 22,4 до 45	0,5	— 20	80	87	95	126	115	126	138	126	—	—
	0,75	— 22	93	112	112	162	134	162	162	162	—	—
	1	— 26	106	138	126	206	151	206	186	206	226	306
	1,5	— 32	127	182	150	268	182	268	222	268	268	407
	2	— 38	144	218	170	318	208	318	250	318	303	488
	3	— 48	173	284	208	423	248	423	298	423	363	648
	3,5	— 53	185	318	223	478	265	478	318	478	388	723
	4	— 60	200	360	240	535	284	535	340	535	415	810
	4,5	— 63	213	378	253	563	299	563	363	563	438	863
Св. 45 до 90	0,5	— 20	83	87	100	126	120	126	145	126	—	—
	0,75	— 22	97	112	117	162	140	162	172	162	—	—

Продолжение табл. 8

Номинальный диаметр d , мм	Шаг P , мм	Поля допусков наружной резьбы (болтов)											
		$6f$			$6e$			$6d$			$7e/6e$		
		d_2, d_1	d_2	d	d_2, d_1	d_2	d	d_2, d_1	d_2	d	d_2, d_1	d_2	d
		$es (-)$ и $ei (-)$, мкм											
		es	ei	ei	es	ei	ei	es	ei	ei	es	ei	ei
Св. 1,4 до 2,8	0,2	32	82	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,25	33	89	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,35	34	97	119	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,4	34	101	129	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,45	35	106	135	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 2,8 до 5,6	0,25	33	89	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,35	34	101	119	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,5	36	111	142	50	125	156	—	—	—	50	145	156
	0,6	36	121	161	53	138	178	—	—	—	53	159	178
	0,7	38	128	178	56	146	196	—	—	—	56	168	196
	0,75	38	128	178	56	146	196	—	—	—	56	168	196
	0,8	38	133	188	60	155	210	—	—	—	60	178	210
Св. 5,6 до 11,2	0,25	33	96	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,35	34	105	119	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,5	36	121	142	50	135	156	—	—	—	50	156	156
	0,75	38	138	178	56	156	196	—	—	—	56	181	196
	1	40	152	220	60	172	240	90	202	270	60	200	240
	1,25	42	160	254	63	181	275	95	213	307	63	213	275
	1,5	45	177	281	67	199	303	95	227	331	67	237	303
Св. 11,2 до 22,4	0,35	34	109	119	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,5	36	126	142	50	140	156	—	—	—	50	162	156
	0,75	38	144	178	56	162	196	—	—	—	56	188	196
	1	40	158	220	60	178	240	90	208	270	60	210	240
	1,25	42	174	254	63	195	275	95	227	307	63	233	275
	1,5	45	185	281	67	207	303	95	235	331	67	247	303
	1,75	48	198	313	71	221	336	100	250	365	71	261	336
	2	52	212	332	71	231	351	100	260	380	71	271	351
	2,5	58	228	393	80	250	415	106	276	441	80	292	415
Св. 22,4 до 45	0,5	36	131	142	50	145	156	—	—	—	50	168	156
	0,75	38	150	178	56	168	196	—	—	—	56	196	196
	1	40	165	220	60	185	240	90	215	270	60	220	240
	1,5	45	195	281	67	217	303	95	245	331	67	257	303
	2	52	222	332	71	241	351	100	270	380	71	283	351
	3	63	263	438	85	285	460	112	312	487	85	335	460
	3,5	—	—	—	90	302	515	118	330	543	90	355	515
	4	—	—	—	95	319	570	125	349	600	95	375	570

Продолжение табл. 8

Номинальный диаметр d , мм	Шаг P , мм	Поля допусков наружной резьбы (болтов)											
		$6f$			$6e$			$6d$			$7e/6e$		
		d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d
		$es (-)$ и $ei (-)$, мкм											
		es	ei	ei	es	ei	ei	es	ei	ei	es	ei	ei
Св. 22,4 до 45	4,5	—	—	—	100	336	600	132	368	632	100	400	600
Св. 45 до 90	0,5	36	136	142	50	150	156	—	—	—	50	175	156
	0,75	38	156	178	56	174	196	—	—	—	56	206	196
	1	40	180	220	60	200	240	90	230	270	60	240	240
	1,5	45	205	281	67	227	303	95	255	331	67	267	303
	2	52	232	332	71	251	351	100	280	380	71	295	351
	3	63	275	438	85	297	460	112	324	487	85	350	460
	4	—	—	—	95	331	570	125	361	600	95	395	570
	5	—	—	—	106	356	636	132	382	662	106	421	636
Св. 90 до 180	5,5	—	—	—	112	377	672	140	405	700	112	447	672
	6	—	—	—	118	398	718	150	430	750	118	473	718
Св. 180 до 355	0,75	38	163	178	56	181	196	—	—	—	56	216	196
	1	40	190	220	60	210	240	90	240	270	60	250	240
	1,5	45	215	281	67	237	303	95	265	331	67	279	303
	2	52	242	332	71	261	351	100	290	380	71	307	351
	3	63	287	438	85	309	460	112	336	487	85	365	460
	4	—	—	—	95	345	570	125	375	600	95	410	570
Св. 355 до 600	6	—	—	—	118	418	718	150	450	750	118	493	718
Св. 180 до 355	1,5	45	225	281	67	247	303	95	275	331	67	291	303
	2	52	264	332	71	283	351	100	312	380	71	336	351
	3	63	313	438	85	335	460	112	362	487	85	400	460
	4	—	—	—	95	375	570	125	405	600	95	450	570
	6	—	—	—	118	433	718	150	465	750	118	518	718
Св. 355 до 600	2	52	276	332	71	295	351	100	324	380	71	351	351
	4	—	—	—	95	395	570	125	425	600	95	470	570
	6	—	—	—	118	453	718	150	485	750	118	543	718

Примечание. Нижнее отклонение ei для d_1 не установлено, но косвенно ограничено формой впадины.

9. Поля допусков внутренней резьбы с зазорами. Верхнее отклонение ES (основное отклонение H) среднего D_2 и внутреннего D_1 диаметров резьбы

Номинальный диаметр D , мм	Шаг P , мм	Поля допусков внутренней резьбы (гайки)											
		4H		4H5H		5H		6H		7H		8H	
		D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1
		$ES (+)$, мкм ($EI = 0$)											
От 1 до 1,4	0,2	40	38	40	48	50	48	63	60	—	—	—	—
	0,25	45	45	45	56	56	56	71	71	—	—	—	—
	0,3	48	53	48	67	60	67	75	85	—	—	—	—
Св. 1,4 до 2,8	0,2	42	38	42	48	53	48	67	60	—	—	—	—
	0,25	48	45	48	56	60	56	75	71	—	—	—	—
	0,35	53	63	53	80	67	80	85	100	—	—	—	—
	0,4	56	71	56	90	71	90	90	112	—	—	—	—
	0,45	60	80	60	100	75	100	95	125	—	—	—	—
Св. 2,8 до 5,6	0,25	48	45	48	56	60	56	75	71	—	—	—	—
	0,35	56	63	56	80	71	80	90	100	—	—	—	—
	0,5	63	90	63	112	80	112	100	140	125	180	—	—
	0,6	71	100	71	125	90	125	112	160	140	200	—	—
	0,7	75	112	75	140	95	140	118	180	150	224	—	—
	0,75	75	118	75	150	95	150	118	190	150	236	—	—
	0,8	80	125	80	160	100	160	125	200	160	250	200	315
Св. 5,6 до 11,2	0,25	53	45	53	56	67	56	85	71	—	—	—	—
	0,35	60	63	60	80	75	80	95	100	—	—	—	—
	0,5	71	90	71	112	90	112	112	140	140	180	—	—
	0,75	85	118	85	150	106	150	132	190	170	236	—	—
	1	95	150	95	190	118	190	150	236	190	300	236	375
	1,25	100	170	100	212	125	212	160	265	200	335	250	425
	1,5	112	190	112	236	140	236	180	300	224	375	280	475
Св. 11,2 до 22,4	0,35	63	63	63	80	80	80	100	100	—	—	—	—
	0,5	75	90	75	112	95	112	118	140	150	180	—	—
	0,75	90	118	90	150	112	150	140	190	180	236	—	—
	1	100	150	100	190	125	190	160	236	200	300	250	375
	1,25	112	170	112	212	140	212	180	265	224	335	280	425
	1,5	118	190	118	236	150	236	190	300	236	375	300	475
	1,75	125	212	125	265	160	265	200	335	250	425	315	530
	2	132	236	132	300	170	300	212	375	265	455	335	600
	2,5	140	280	140	355	180	355	224	450	280	560	355	710
Св. 22,4 до 45	0,5	80	90	80	112	100	112	125	140	—	—	—	—
	0,75	95	118	95	150	118	150	150	190	190	236	—	—
	1	106	150	106	190	132	190	170	236	212	300	265	375
	1,5	125	190	125	236	160	236	200	300	250	375	315	475
	2	140	236	140	300	180	300	224	375	280	475	355	600

Продолжение табл. 9

Номи- нальный диа- метр <i>D</i> , мм	Шаг <i>P</i> , мм	Поля допусков внутренней резьбы (гайки)											
		4 <i>H</i>		4 <i>H</i> 5 <i>H</i>		5 <i>H</i>		6 <i>H</i>		7 <i>H</i>		8 <i>H</i>	
		<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₁
		<i>ES</i> (+), мкм (<i>EI</i> = 0)											
Св. 22,4 до 45	3	170	315	170	400	212	400	265	500	335	630	425	800
	3,5	180	355	180	450	224	450	280	560	355	710	450	900
	4	190	375	190	475	236	475	300	600	375	750	475	950
	4,5	200	425	200	530	250	530	315	670	400	850	500	1060
Св. 45 до 90	0,5	85	90	85	112	106	112	132	140	—	—	—	—
	0,75	100	118	100	150	125	150	160	190	—	—	—	—
	1	118	150	118	190	150	190	190	236	236	300	300	375
	1,5	132	190	132	236	170	236	212	300	265	375	335	475
	2	150	236	150	300	190	300	236	375	300	475	375	600
	3	180	315	180	400	224	400	280	500	355	630	450	800
	4	200	375	200	475	250	475	315	600	400	750	500	950
	5	212	450	212	560	265	560	335	710	425	900	530	1120
	5,5	224	475	224	600	280	600	355	750	450	950	560	1180
6	236	500	236	630	300	630	375	800	475	1000	600	1250	
Св. 90 до 180	0,75	106	118	106	150	132	150	170	190	—	—	—	—
	1	125	150	125	190	160	190	200	236	250	300	—	—
	1,5	140	190	140	236	180	236	224	300	280	375	355	475
	2	160	236	160	300	200	300	250	375	315	475	400	600
	3	190	315	190	400	236	400	300	500	375	630	475	800
	4	212	375	212	475	265	475	335	600	425	750	530	950
6	250	500	250	630	315	630	400	800	500	1000	630	1250	
Св. 180 до 355	1,5	150	190	150	236	190	236	236	300	300	375	375	475
	2	180	236	180	300	224	300	280	375	355	475	450	600
	3	212	315	212	400	265	400	335	500	425	630	530	800
	4	236	375	236	475	300	475	375	600	475	750	600	950
	6	265	500	265	630	335	630	425	800	530	1000	670	1250
Св. 355 до 600	2	190	236	190	300	236	300	300	375	375	475	475	600
	4	250	375	250	475	315	475	400	600	500	750	630	950
	6	280	500	280	630	355	630	450	800	560	1000	710	1250

10. Поля допусков внутренней резьбы с зазорами.

Верхнее ES и нижнее EI (основное) отклонения наружного D , внутреннего D_1 и среднего D_2 диаметров резьбы

Номинальный диаметр D , мм	Шаг P , мм	$EI(D_1, D_2, D)$	Поля допусков внутренней резьбы (гайки)							
			5G		6G		7G		8G	
			D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1
			$ES (+)$, мкм							
От 1 до 1,4	0,2	+17	67	65	80	77	—	—	—	—
	0,25	+18	74	74	89	89	—	—	—	—
	0,3	+18	78	85	93	103	—	—	—	—
Св. 1,4 до 2,8	0,2	+17	70	65	84	77	—	—	—	—
	0,25	+18	78	74	93	89	—	—	—	—
	0,35	+19	86	99	104	119	—	—	—	—
	0,4	+19	90	109	109	131	—	—	—	—
	0,45	+20	95	120	115	145	—	—	—	—
Св. 2,8 до 5,6	0,25	+18	78	74	93	89	—	—	—	—
	0,35	+19	90	99	109	119	—	—	—	—
	0,5	+20	100	132	120	160	145	200	—	—
	0,6	+21	111	146	133	181	161	221	—	—
	0,7	+22	117	162	140	202	172	246	—	—
	0,75	+22	117	172	140	212	172	258	—	—
	0,8	+24	124	184	149	224	184	274	224	339
Св. 5,6 до 11,2	0,25	+18	85	74	103	89	—	—	—	—
	0,35	+19	94	99	114	119	—	—	—	—
	0,5	+20	110	132	132	160	160	200	—	—
	0,75	+22	128	172	154	212	192	258	—	—
	1	+26	144	216	176	262	216	326	262	401
	1,25	+28	153	240	188	293	228	363	278	453
Св. 11,2 до 22,4	1,5	+32	172	268	212	332	256	407	312	507
	0,35	+19	99	99	119	119	—	—	—	—
	0,5	+20	115	132	138	160	170	200	—	—
	0,75	+22	134	172	162	212	202	258	—	—
	1	+26	151	216	186	262	226	326	276	401
	1,25	+28	168	240	208	293	252	363	308	453
	1,5	+32	182	268	222	332	268	407	332	507
	1,75	+34	194	299	234	369	284	459	349	564
Св. 22,4 до 45	2	+38	208	338	250	413	303	513	373	638
	2,5	+42	222	397	266	492	322	602	397	752
	0,5	+20	120	132	145	160	—	—	—	—
	0,75	+22	140	172	172	212	212	258	—	—
	1	+26	158	216	196	262	238	326	291	401
Св. 45 до 45	1,5	+32	192	268	232	332	282	407	347	507
	2	+38	218	338	262	413	318	513	393	638
	3	+48	260	448	313	548	383	678	473	848

Продолжение табл. 10

Номинальный диаметр D , мм	Шаг P , мм	$EI(D_1, D_2, D)$	Поля допусков внутренней резьбы (гайки)							
			5G		6G		7G		8G	
			D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1
			$ES (+)$, мкм							
Св. 22,4 до 45	3,5	+53	277	503	333	613	408	763	503	953
	4	+60	296	535	360	660	435	810	535	1010
	4,5	+63	313	593	378	733	463	913	563	1123
Св. 45 до 90	0,5	+20	126	132	152	160	—	—	—	—
	0,75	+22	147	172	182	212	—	—	—	—
	1	+26	176	216	216	262	262	326	326	401
	1,5	+32	202	268	244	332	297	407	367	507
	2	+38	228	338	274	413	338	513	413	638
	3	+48	272	448	328	548	403	678	498	848
	4	+60	310	535	375	660	460	810	560	1010
	5	+71	336	631	406	781	496	971	601	1191
	5,5	+75	355	675	430	825	525	1025	635	1255
Св. 90 до 180	6	+80	380	710	455	880	555	1080	680	1330
	0,75	+22	154	172	192	212	—	—	—	—
	1	+26	186	216	226	262	276	326	—	—
	1,5	+32	212	268	256	332	312	407	387	507
	2	+38	238	338	288	413	353	513	438	638
	3	+48	284	448	348	548	423	678	523	848
	4	+60	325	535	395	660	485	810	590	1010
Св. 180 до 355	6	+80	395	710	480	880	580	1080	710	1330
	1,5	+32	222	268	268	332	332	407	407	507
	2	+38	262	338	318	413	393	513	488	638
	3	+48	313	448	383	548	473	678	578	848
	4	+60	360	535	435	660	535	810	660	1010
Св. 355 до 600	6	+80	415	710	505	880	610	1080	750	1330
	2	+38	274	338	338	413	413	513	513	638
	4	+60	375	535	460	660	560	810	690	1010
до 600	6	+80	435	710	530	880	640	1080	790	1330

Примечание. Верхнее отклонение диаметра D не устанавливается.

трены по наружному диаметру (на рис. 3, б и в он обозначен Td) и по среднему диаметру d_2 (на рис. 3, б и в обозначен Td_2), поэтому в табл. 7 отсутствует нижнее отклонение по диаметру d_1 .

Для внутренней резьбы допуски предусмотрены по среднему диаметру D_2 (на рис. 3, а он обозначен TD_2) и по внутреннему диаметру D_1 (допуск TD_1), поэтому в табл. 10 отсутствует верхнее отклонение по наружному диаметру D .

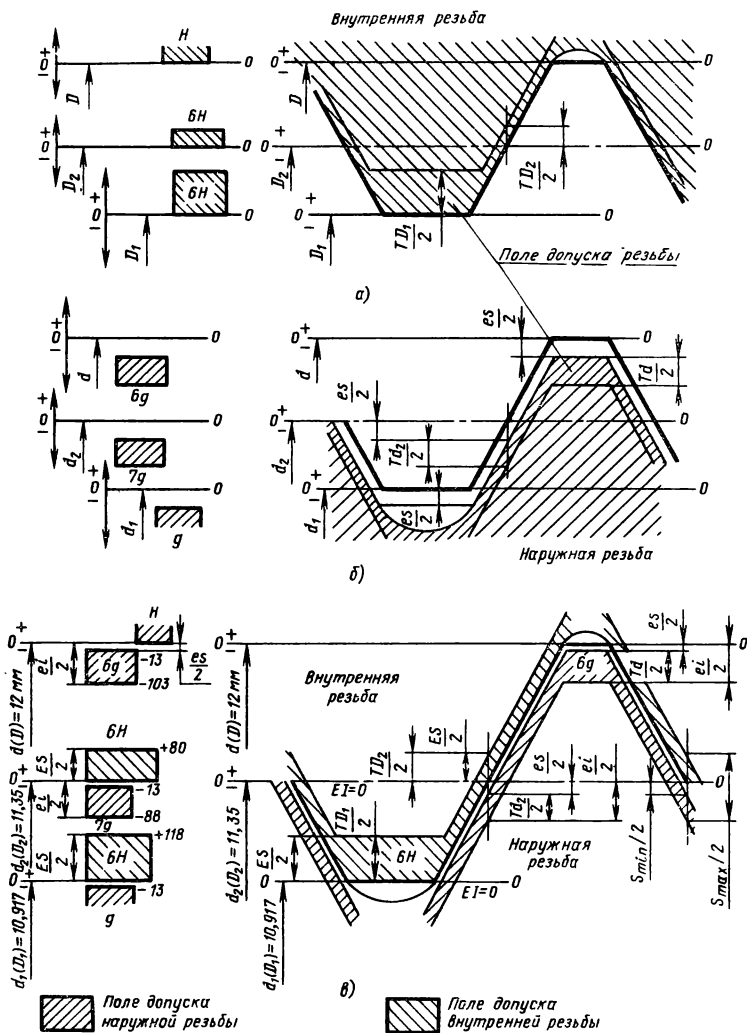


Рис. 3. Схема расположения полей допусков внутренней (а), наружной (б) резьбы и соединения резьбовых деталей по посадке с зазором (в)

Все отклонения отсчитывают от номинального профиля резьбы в направлении, перпендикулярном оси резьбы. Отклонения, как и допуски, распределяют на профили резьбы, расположенные в верхней и нижней части резьбы поровну. На рис. 3 показана верхняя часть профиля резьбы с половиной предельных отклонений и половиной допусков. Нижняя часть профиля резьбы не приведена.

Посадкой в резьбовом соединении называется характер резьбового соединения деталей, определяемый разностью средних диаметров наружной и внутренней резьбы до сборки. В посадке с зазором поле допуска среднего диаметра внутренней резьбы расположено над полем допуска среднего диаметра наружной резьбы, в соединении обеспечивается зазор. Посадки с зазором могут быть образованы сочетанием любых полей допусков данного класса точности и длины свинчивания, указанных в табл. 5. Однако предпочтительней сочетать поля допусков одного класса точности, например для среднего класса точности и нормальной длины свинчивания могут быть образованы следующие посадки: $6H/6g$ (предпочтительная), $6H/6h$, $6H/6d$, $6H/6e$, $6G/6d$, $6G/6h$, $6G/6e$, $6G/6f$, $6H/6g$, $6H/6f$. Посадки с зазором осуществляются только по среднему диаметру, так как по наружному и внутреннему диаметрам образуются большие зазоры, исключающие защемление элементов резьбы.

На рис. 3, в приведена схема расположения полей допусков резьбы при посадке с зазором с обозначением основных отклонений и допусков диаметров резьбы, наименьшего и наибольшего зазоров по среднему диаметру.

Поля допусков $8G$, $7G$, $8g$, $6d$, $6e$ и $6f$ дают посадки с большим гарантированным зазором. Их применяют при нанесении на резьбу коррозионностойких покрытий, работе деталей в условиях высокой температуры и в случае легкой сборки и разборки резьбовых изделий.

Пример 1. На чертеже детали резьба болта обозначена $M12-5h6h$. Определить параметры резьбы и предельные размеры диаметров резьбы.

Из обозначения следует, что номинальный (наружный) диаметр $d = 12$ мм. Шаг крупный, из табл. 2 находим $P = 1,75$ мм. Параметры резьбы выписываем из табл. 3; для $d = 12$ мм и $P = 1,75$ мм имеем $d_2 = 10,863$ мм, $d_1 = 10,106$ мм; $5h$ означает поле допуска среднего диаметра 5-й степени точности с основным отклонением h . По табл. 6 имеем нижнее отклонение $ei = -118$ мкм; при этом верхнее отклонение $es = 0$. Аналогично для поля допуска наружного диаметра, обозначенного $6h$, находим $ei = -265$ мкм, а $es = 0$. Предельные размеры диаметров вычисляем по формулам

$$\begin{aligned} d_{2\max} &= d_2 + es = 10,863 + 0 = 10,863 \text{ мм}; & d_{2\min} &= d_2 + ei = \\ &= 10,863 + (-0,118) = 10,745 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{\max} &= d + es = 12 \text{ мм}; & d_{\min} &= d + ei = 12 + (-0,265) = \\ &= 11,735 \text{ мм}; & d_{1\max} &= 10,106 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Пример 2. На чертеже указан допуск болта $M24 \times 2-8g$. Определить параметры резьбы, предельные размеры и допуски диаметров резьбы.

Из обозначения видно, что наружная резьба номинального размера $d = 24$ мм с мелким шагом $P = 2$ мм нормальной длины свинчивания. Параметры резьбы выписываем из табл. 3: $d_2 = 22,701$ мм, $d_1 = 21,835$ мм. Предельные отклонения диаметров для поля допуска $8g$ выписываем из табл. 7: верхнее (основное) отклонение для всех диаметров одинаковое $es = -38$ мкм, нижнее отклонение диаметра $d_2: ei = -303$ мкм, диаметра $d: ei = -488$ мкм.

Вычисляем предельные размеры диаметров:

$$d_{2 \max} = 22,663 \text{ мм}; \quad d_{2 \min} = 22,398 \text{ мм}.$$

Допуск среднего диаметра

$$Td_2 = d_{2 \max} - d_{2 \min} = 0,265 \text{ мм}; \quad d_{\max} = 23,962 \text{ мм}; \quad d_{\min} = 23,512 \text{ мм}.$$

Допуск наружного диаметра

$$Td = 0,450 \text{ мкм}; \quad d_{1 \max} = 21,797 \text{ мм}.$$

Пример 3. Для посадки с зазором $M12 \times 1 - \frac{6H}{7g6g} - 30$ определить допуски диаметров Td, Td_2, TD_2, TD_1 , максимальный и минимальный зазоры по среднему диаметру.

Номинальные размеры диаметров выписываем из табл. 3, предельные отклонения диаметров — из табл. 7 (для поля допуска $7g6g$) и табл. 9 (для поля допуска $6H$); вычисляем допуски (мкм) диаметров наружной резьбы как разность верхних es и нижних ei отклонений (для внутренней резьбы соответственно разность ES и EI):

по наружному диаметру $d = 12$ мм болта

$$Td = es - ei = -26 - (-206) = 180;$$

по наружному диаметру $D = 12$ мм гайки TD не нормирован, так как не нормировано ES , а $EI = 0$;

по среднему диаметру $d_2 = 11,350$ мм

$$Td_2 = es - ei = -26 - (-176) = 150;$$

по среднему диаметру $D_2 = 11,350$ мм гайки

$$TD_2 = ES - EI = +160 - (0) = 160;$$

по внутреннему диаметру $d_1 = 10,917$ мм болта Td_1 не нормирован, так как не нормировано ei , $es = -26$ мкм;

по внутреннему диаметру $D_1 = 10,917$ мм гайки

$$TD_1 = ES - EI = +236 - (0) = 236.$$

Посадка с зазором осуществляется только по среднему диаметру.

Определяем наименьший $S_{\min}$ и наибольший $S_{\max}$ зазоры по среднему диаметру, мкм:

$$S_{\min} = EI(D_2) - es(d_2) = 0 - (-26) = 26; \quad S_{\max} = ES(D_2) - ei(d_2) = +160 - (-176) = 336.$$

Расположение полей допусков наружной и внутренней резьбы посадки с зазором приведено на рис. 3, в.

Пример обозначения резьбового соединения на чертежах показан на рис. 6. В числителе обозначают поле допуска внутренней резьбы, а в знаменателе — наружной резьбы.

Диаметры стержней под нарезание метрической резьбы по ГОСТ 9150—81 даны в табл. 11. В табл. 12 указаны диаметры сверл и отверстий под нарезание метрической резьбы.

11. Диаметры стержней под нарезание метрической резьбы, мм (ГОСТ 19258—73)

Номи- нальный диаметр, мм	Шаг P , мм	Диаметр стержня под резьбу с полем допуска				Предельные отклонения (нижние) диаметра стержня			
		$4h; 6h$ $8h$	$6g; 8g$	$6e$	$6d$	$4h$	$6h; 6g$ $6e; 6d$	$8h; 8g$	
1	0,25	0,97	0,95	—	—	—0,03	—0,04	—	
1,1		1,07	1,05						
1,2		1,17	1,15						
1,4	0,3	1,36	1,34	—	—	—0,03	—0,04		
1,6	0,35	1,55	1,53						
1,8		1,75	1,73						
2	0,4	1,95	1,93	—	—	—0,04	—0,05		
2,2	0,45	2,15	2,13				—0,06		
2,5		2,45	2,43						
3	0,5	2,94	2,92	2,89	—	—0,05	—0,07		
3,5	0,6	3,44	3,49	3,39					
4	0,7	3,94	3,92	3,89				—	—0,06
4,5	0,75	4,44	4,42	4,38	—0,09				
5	0,8	4,94	4,92	4,88	—	—0,07	—0,10	—0,18	
6	1	5,92	5,89	5,86				—0,20	
7		6,92	6,89	6,86					

Продолжение табл. 11

Номинальный диаметр, мм	Шаг P , мм	Диаметр стержня под резьбу с полем допуска				Предельные отклонения (нижние) диаметра стержня		
		$4h; 6h$ $8h$	$6g; 8g$	$6e$	$6d$	$4h$	$6h; 6g$ $6e; 6d$	$8h; 8g$
8	1,25	7,90	7,87	7,84	7,80	-0,08	-0,11	-0,24
9		8,90	8,87	8,84	8,80			
10	1,5	9,88	9,85	9,81	9,78	-0,09	-0,12	-0,26
11		10,88	10,85	10,81	10,78			
12	1,75	11,86	11,83	11,80	10,76	-0,10	-0,13	-0,29
14	2	13,84	13,80	13,77	13,74			
16		15,84	15,80	15,77	15,74			
18	2,5	17,84	17,80	17,76	17,73	-0,13	-0,18	-0,37
20		19,84	19,80	19,76	19,73			
22		21,84	21,80	21,76	21,73			
24	3	23,84	23,79	23,75	23,73	-0,16	-0,22	-0,44
27		26,84	26,79	26,75	26,73			
30	3,5	29,84	29,79	29,75	29,72	-0,18	-0,27	-0,51
33		32,84	32,79	32,75	32,72			
36	4	35,84	35,78	35,74	35,71	-0,22	-0,32	-0,59
39		38,84	38,78	38,74	38,71			
42	4,5	41,84	41,78	41,74	41,71	-0,24	-0,34	-0,64
45		44,84	44,78	44,74	44,71			
48	5	47,84	47,77	47,73	47,71	-0,26	-0,37	-0,69
52		51,84	51,77	51,73	51,71			
56	5,5	55,84	55,76	55,73	55,70	-0,28	-0,40	-0,74
60		59,84	59,76	59,73	59,70			

12. Отверстия под нарезание резьбы. Диаметры сверл для получения отверстий под нарезание резьбы, мм (ГОСТ 19257–73)

Номи- нальный диаметр, мм	Шаг Р, мм	Диаметр отверстия под резьбу		Предельное (верхнее) отклонение диаметра			Диаметры сверл для получения отверстий под наре- зание резьбы
		с полем допуска		4H5H; 5H	5H6H; 6H; 6G	7H; 7G	
		4H5H; 5H; 6H; 5H6H; 7H	6G; 7G				
1	0,25	0,75	0,77	+0,04	+0,05	—	0,75
1,1		0,85	0,87				0,85
1,2		0,95	0,97				0,95
1,4	0,3	1,10	1,12	—	—	—	1,1
1,6	0,35	1,25	1,27	+0,05	+0,07	—	1,25
1,8		1,45	1,47				1,45
2	0,40	1,60	1,62	+0,06	+0,08	—	1,6
2,2	0,45	1,75	1,77	+0,07	+0,09	—	1,75
2,5		2,05	2,07				2,05
3	0,5	2,5	2,52	+0,08	+0,10	+0,14	2,5
3,5	0,6	2,9	2,93		+0,11	+0,15	2,9
4	0,7	3,3	3,33		+0,12	+0,16	3,3
4,5	0,75	3,7	3,73	+0,11	+0,17	+0,22	3,75
5	0,8	4,2	4,23	+0,09	+0,13	+0,18	4,2
6	1	4,95	5,0	+0,17	+0,20	+0,26	5
7		5,95	6,0				6
8	1,25	6,7	6,75				6,8
9		7,7	7,75				7,8
10	1,5	8,43	8,5				+0,19
11		9,43	9,5	9,5			

Продолжение табл. 12

Номи- нальный диаметр, мм	Шаг Р, мм	Диаметр отверстия под резьбу		Предельное (верхнее) отклонение диаметра			Диаметры сверл для получения отверстий под наре- зание резьбы
		с полем допуска		4H5H; 5H	5H6H; 6H; 6G	7H; 7G	
		4H5H; 5H; 6H; 5H6H; 7H	6G; 7G				
12	1,75	10,2	10,25	+0,21	+0,27	+0,36	10,2
14	2	11,9	11,95	+0,24	+0,3	+0,4	12
16		13,9	13,95				14
18	2,5	15,35	15,4	+0,3	+0,4	+0,53	15,5
20		17,35	17,4				17,5
22		19,35	19,4				19,5
24	3	20,85	20,9				21
27		23,85	23,9				24
30	3,5	26,3	26,35	+0,36	+0,48	+0,62	26,5
33		29,3	29,35				29,5
36	4	31,8	31,85				32
39		34,8	34,85				35
42	4,5	37,25	37,30	+0,41	+0,55	+0,73	37,5
45		40,25	40,30				40,5
48	5	42,70	42,80	+0,45	+0,60	+0,80	43
52		46,70	46,80				47
56	5,5	50,20	50,30				—
60		54,20	54,80				
64	6	57,70	57,80				
68		61,70	61,80				

ДОПУСКИ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ С НАТЯГАМИ

Посадка с натягом в резьбовом соединении — посадка, при которой поле допуска среднего диаметра наружной резьбы расположено над полем допуска среднего диаметра внутренней резьбы; в соединении обеспечивается натяг.

Резьбовые соединения с натягами обеспечивают гарантированные натяги в неподвижных соединениях, образованных ввертыванием стальных шпилек в гнезда деталей из стали, высокопрочных и титановых сплавов, чугуна, а также алюминиевых и магниевых сплавов.

В этих соединениях натяг образуется только по среднему диаметру резьбы, а по наружному и внутреннему диаметрам предусматриваются очень большие зазоры, чтобы исключить защемление резьбы.

Метрические резьбы с натягами предназначены для резьбовых соединений, образованных ввертыванием стальных шпилек (резьба на ввинчиваемом конце шпилек) в резьбовые отверстия (гнезда) деталей при длинах свинчивания, указанных в табл. 13. Диаметры и шаги посадки с натягом приведены в табл. 14.

Поля допусков и посадки с натягом установлены в зависимости от материала детали (с внутренней резьбой) и шага резьбы (табл. 15).

Верхние и нижние отклонения наружной и внутренней резьбы с натягами приведены в табл. 16 и 17.

13. Длины свинчивания резьб с натягами и переходными посадками

Материал детали с внутренней резьбой	Длина свинчивания
Сталь	$(1 \div 1,25)d$
Чугун	$(1,25 \div 1,5)d$
Алюминиевые и магниевые сплавы	$(1,5 \div 2)d$

Примечание. d — номинальный диаметр резьбы.

14. Резьба метрическая. Посадки с натягом и переходные

Номинальный диаметр резьбы, мм		Шаг P , мм		Номинальный диаметр резьбы, мм		Шаг P , мм	
1-й ряд	2-й ряд	крупный	мелкий	1-й ряд	2-й ряд	крупный	мелкий
5		0,8		20	18	2,5	2; 1,5
6		1			22	2,5	2; 1,5
8		1,25	1	24	27	3	2
10		1,5	1,25	30	33	3,5*	2
12		1,75	1,5; 1,25	36	39	4*	3
16	14	2	1,5	42	45	4,5*	3

Примечание. 1 ряд предпочитают 2-му ряду. Шаги, отмеченные *, применяют только для переходных посадок.

15. Метрическая резьба. Поля допусков наружной и внутренней резьбы и посадки с натягом

Материал детали с внут- ренней резьбой	Поля допусков резьбы (рис. 4)						Посадки при шагах, мм			
	наружной (табл. 16)			внутренней (табл. 17)						
	Шаг P , мм						До 1,25	Св. 1,25		
	До 1,25		Св. 1,25		До 1,25				Св. 1,25	
	d	d_2	d	D_1	D_2	D_1				
Чугун и алюминие- вые сплавы	$6e$	$2r$	$6c$	$5D$	$2H$	$5C$	$\frac{2H5D}{2r}$	$\frac{2H5C}{2r}$		
Чугун, алюми- ниевые и магниевые сплавы	$6e$	$3p(2)$	$6c$	$5D$	$2H(2)$	$5C$	$\frac{2H5D(2)}{3p(2)}$	$\frac{2H5C(2)}{3p(2)}$		
Сталь, высокопроч- ные и титановые сплавы	$6e$	$3n(3)$	$6c$	$4D$	$2H(3)$	$4C$	$\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$	$\frac{2H4C(3)}{3n(3)}$		

Шпильки и гнезда сортируют по размерам среднего диаметра на две или три группы, которые обозначают в скобках правее поля допуска, например, $2H(2)$, $3p(2)$, $2H(3)$ и $3n(3)$. Поле допуска при этом делят на две или три одинаковые части, пронумерованные в одном направлении, например сверху вниз. Детали, поступившие на сборку, предварительно по результатам измерения действительных размеров рассортировывают на группы. Осуществляют сборку деталей, относящихся к группам одинакового номера. Например, в гнездо группы II ввинчивают шпильки, тоже относящиеся по размерам к группе II. Такая сборка с сортированием деталей называется *селективной*. Она позволяет снизить стоимость изготовления изделия, так как высокая точность соединения достигается при использовании деталей, изготовленных с широкими полями допусков.

Пример 4. Для резьбового соединения с натягом $M12 \times 1,5 - \frac{2H5C(2)}{3p(2)}$ определить допуски, предельные натяги до и после сортирования.

По табл. 16 для среднего диаметра шпильки (поле допуска $3p(2)$)

$$es_I = +134 \text{ мкм}; ei_I = es_{II} = +98,5 \text{ мкм};$$

$$ei_{II} = +63 \text{ мкм}.$$

16. Метрическая резьба. Посадки с натягом. Верхнее и нижнее отклонения диаметров наружной резьбы (шпильки), мкм

Диаметр резьбы, мм	Положение допусков резьбы	Отклонения, мкм	Номинальный диаметр d резьбы, мм										
			Св. 2,8 до 5,6		Св. 5,6 до 11,2		Св. 11,2 до 22,4					Св. 22,4 до 45	
			Шаг резьбы P , мм										
			0,8	1	1,25	1,5	1,25	1,5	1,75	2	2,5	2	3
d	$6e$	$es - ei -$	60 210	60 240	63 275	- -	63 275	- -	- -	- -	- -	- -	- -
	$6c$	$es - ei -$	- -	- -	- -	140 376	- -	140 376	145 410	150 430	160 505	150 430	170 545
d_2	$2r$	$es + ei +$	109 71	125 80	133 85	148 95	138 85	151 95	165 105	173 110	197 130	177 110	220 140
	$3p$	$es + ei +$	96 48	109 53	116 56	130 63	116 56	134 63	142 67	155 75	170 85	160 75	195 95
	$3p(2)$	$es_I + ei_I +$	96 72	109 81	116 86	130 96	116 89	134 98	142 104	155 115	170 127	160 117	195 145
		$es_{II} + ei_{II} +$	72 48	81 53	86 56	96 63	89 56	98 63	104 67	115 75	127 85	117 75	145 95
	$3n$	$es + ei +$	82 34	94 38	102 42	112 45	109 42	116 45	125 50	134 53	147 63	139 53	170 71
	$3n(3)$	$es_I + ei_I +$	82 66	94 75	102 82	112 89	109 86	116 91	125 100	134 106	147 119	139 100	170 137
		$es_{II} + ei_{II} +$	66 50	75 56	82 62	89 67	86 64	91 68	100 75	106 79	119 91	100 81	137 104
		$es_{III} + ei_{III} +$	50 34	56 38	62 42	67 45	64 42	68 45	75 50	79 53	91 63	81 53	104 71

17. Метрическая резьба. Посадки с натягом. Верхнее и нижнее отклонения диаметров внутренней резьбы (гнезда)

Диаметр резьбы, мм	Поле допуска	Отклонения, мкм	Номинальный диаметр D резьбы, мм										
			Св. 2,8 до 5,6		Св. 5,6 до 11,2		Св. 11,2 до 22,4				Св. 22,4 до 45		
			Шаг резьбы P , мм										
			0,8	1	1,25	1,5	1,25	1,5	1,75	2	2,5	2	3
D	—	EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D_1	$4D$	$ES + EI +$	215 90	240 90	265 95	— —	265 95	— —	— —	— —	— —	— —	— —
	$4C$	$ES + EI +$	— —	— —	— —	330 140	— —	330 140	357 145	386 150	440 160	386 150	485 170
	$5D$	$ES + EI +$	250 90	280 90	307 95	— —	307 95	— —	— —	— —	— —	— —	— —
	$5C$	$ES + EI +$	— —	— —	— —	376 140	— —	376 140	410 145	450 150	515 160	450 150	570 170
	$6H$	$ES + EI +$	200 0	236 0	265 0	300 0	265 0	300 0	335 0	375 0	450 0	375 0	550 0
	$2H$	$ES + EI +$	50 0	60 0	63 0	71 0	71 0	75 0	80 0	85 0	90 0	90 0	106 0
D_2	$2H(2)$	$ES_I + EI_I +$	50 25	60 30	63 31	71 35	71 35	75 37	80 40	85 42	90 45	90 45	106 53
		$ES_{II} + EI_{II} +$	25 0	30 0	31 0	35 0	35 0	37 0	40 0	42 0	45 0	45 0	53 0
	$2H(3)$	$ES_I + EI_I +$	50 33	60 40	63 42	71 47	71 47	75 50	80 54	85 56	90 60	90 60	106 70
		$ES_{II} + EI_{II} +$	33 16	40 20	42 21	47 23	47 23	50 25	54 27	56 28	60 30	60 30	70 35
		$ES_{III} + EI_{III} +$	16 0	20 0	21 0	23 0	23 0	25 0	27 0	28 0	30 0	30 0	35 0
	$3H$	$ES + EI +$	65 0	76 0	80 0	90 0	80 0	95 0	102 0	109 0	116 0	116 0	136 0

По табл. 17 для поля допуска $2H(2)$

$$ES_I = +75 \text{ мкм}; EI_I = +37,5 \text{ мкм};$$

$$ES_{II} = +37,5 \text{ мкм}; EI_{II} = 0.$$

Строим расположение полей допусков (рис. 4, а). Определяем допуски шпильки и гнезда до сортирования:

$$Td_2 = 71 \text{ мкм}, TD_2 = 75 \text{ мкм}.$$

Допуски групп этих деталей (после сортирования):

$$Td_{2II} = Td_{2I} = 35,5 \text{ мкм}, TD_{2II} = TD_{2I} = 37,5 \text{ мкм}.$$

В результате сортирования допуск деталей уменьшился в 2 раза, т. е. повысилась точность деталей перед их сборкой.

Вычислим наибольший $N_{\max}$ и наименьший $N_{\min}$ натяги до сортирования на две группы:

$$N_{\max} = es(d_2) - EI(D_2) = +134 - 0 = 134 \text{ мкм};$$

$$N_{\min} = ei(d_2) - ES(D_2) = +63 - (+75) = -12 \text{ мкм}.$$

Знак «минус» показывает, что это не натяг, а наибольший зазор. Следовательно, соединение резьбовых деталей без сортирования может

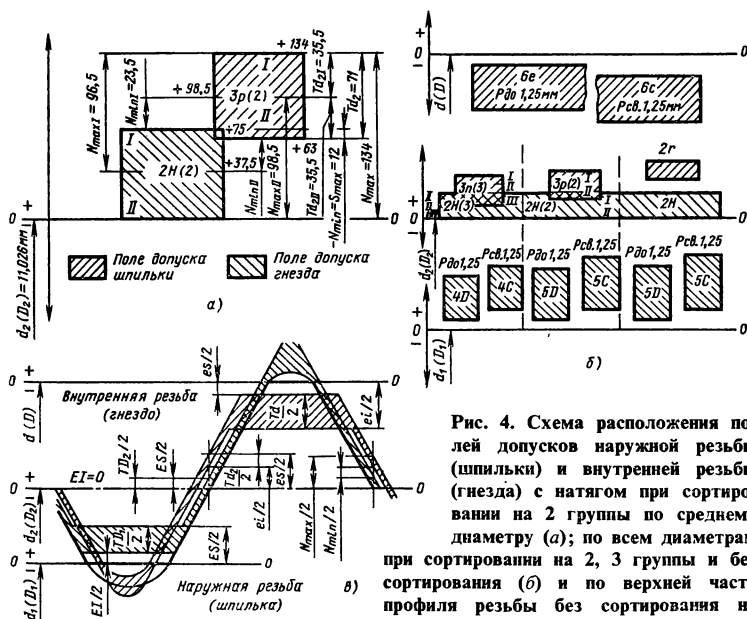


Рис. 4. Схема расположения полей допусков наружной резьбы (шпильки) и внутренней резьбы (гнезда) с натягом при сортировании на 2 группы по среднему диаметру (а); по всем диаметрам при сортировании на 2, 3 группы и без сортирования (б) и по верхней части профиля резьбы без сортирования на группы (в) I, II и III — номера сортировочных групп)

дать чрезмерно большой натяг (134 мкм) или даже зазор (12 мкм). При большом натяге возникает опасность среза витков резьбы гнезда деталей из алюминиевых или магниевых сплавов или при зазоре будут иметь место самоотвинчивание шпильки и нарушение надежности работы изделия. По этим причинам соединение резьбовых деталей без сортирования для рассматриваемой посадки не проводят.

Вычислим предельные натяги после сортирования деталей для I группы:

$$N_{\max I} = es_I - EI_I = +134 - (+37,5) = 96,5 \text{ мкм};$$

$$N_{\min I} = ei_I - ES_I = +98,5 - (+75) = 23,5 \text{ мкм};$$

II группы:

$$N_{\max II} = es_{II} - EI_{II} = +98,5 - 0 = 98,5 \text{ мкм};$$

$$N_{\min II} = ei_{II} - ES_{II} = +63 - (+37,5) = 25,5 \text{ мкм}.$$

После сортирования и сборки в обеих группах деталей обеспечиваются натяги примерно одинаковые, причем колебание натягов от 96,5 до 23,5 (или от 98,5 до 25,5 мкм) позволяет получить надежное соединение резьбовых деталей с гарантированным натягом. В этом и заключается преимущество сортирования деталей на группы.

Допуски среднего диаметра резьбы деталей, сортируемых на группы, не являются суммарными, так как они не содержат диаметральных компенсаций отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля.

Схема расположения полей допусков резьбы с натягом приведена на рис. 4, б и в. Стандарт допускает применение посадок $\frac{3H}{3p} \frac{6H}{3n}$; $\frac{3H}{3p} \frac{6H}{3n}$.

ПЕРЕХОДНЫЕ ПОСАДКИ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

Переходные посадки для резьб введены впервые в нашей стране с 1.1.81 г. Они предназначены для неподвижных резьбовых соединений, образованных ввертыванием стальных шпилек в резьбовые отверстия в деталях из стали, чугуна, алюминиевых и магниевых сплавов с применением дополнительных элементов заклинивания, например конического сбега резьбы шпильки, цилиндрической цапфы, плоского бурта на шпильке и др.

Переходная посадка — посадка в резьбовом соединении, при которой поля допусков средних диаметров наружной и внутренней резьбы перекрываются; в соединении возможно получение как натяга, так и зазора.

Переходная посадка осуществляется по среднему диаметру, а по наружному и внутреннему диаметрам обеспечиваются зазоры.

Диаметры и шаги резьбы с переходными посадками указаны в табл. 14. Поля допусков и переходные посадки приведены в табл. 18, а схема расположения этих допусков — на рис. 5.

18. Метрическая резьба. Поля допусков наружной и внутренней резьбы и переходные посадки (ГОСТ 24834—81)

Материал детали с внутренней резьбой (гнездо)	Номиналь- ный диа- метр, мм		Поля допусков				Посадка и ее обо- значение
			наружной резьбы (диаметры)		внутренней резьбы (диаметры)		
	От	До	<i>d</i>	<i>d</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	
Сталь, чугун, алю- миниевые и магни- евые сплавы	5	30	<i>d</i>	<i>2m</i>	<i>6H</i>	<i>3H</i>	$\frac{3H6H}{2m}$
	33	45		<i>4jh</i>		<i>5H</i>	$\frac{5H6H}{4jh}$
Чугун, алюминовые и магниевые сплавы	5	16		<i>4jk</i>		<i>5H</i>	$\frac{5H6H}{4jk}$
	18	30		<i>4j</i>		<i>5H</i>	$\frac{5H6H}{4j}$
Сталь	5	16		<i>4jk</i>		<i>4H</i>	$\frac{4H6H}{4jk}$
	18	30		<i>4j</i>		<i>4H</i>	$\frac{4H6H}{4j}$

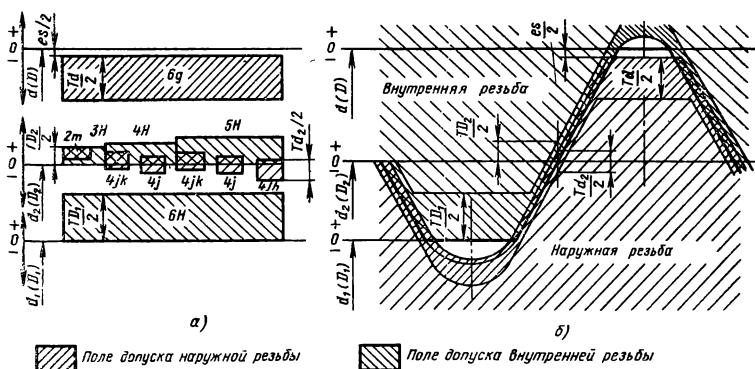


Рис. 5. Схемы расположения рекомендуемых при переходной посадке полей допусков наружной и внутренней резьбы (а) и верхней части профиля резьбы с полями допусков по всем диаметрам (б)

19. Метрическая резьба. Переходные посадки. Верхнее и нижнее отклонения диаметров наружной и внутренней резьбы, мкм

Диаметр резьбы, мм	Поле допуска	Отклонение и знак	Номинальный диаметр резьбы, мм											
			Св. 2,8 до 5,6	Св. 5,6 до 11,2		Св. 11,2 до 22,4						Св. 22,4 до 45		
			Шаг резьбы <i>P</i> , мм											
			0,8	1	1,25	1,5	1,25	1,5	1,75	2	2,5	2	3	3,5

Наружная резьба

d	$6g$	$es - ei -$	24 174	26 206	28 240	32 268	28 240	32 268	34 299	38 318	42 377	38 318	48 423	53 478
	$2m$	$es + ei +$	62 24	71 26	75 28	81 32	86 28	85 32	94 34	102 38	110 42	106 38	128 48	— —
	$4jh$	$es + ei -$	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	4 102	12 113	14 118
	$4j$	$es + ei -$	— —	— —	— —	— —	— —	49 41	—	53 47	54 52	59 47	67 58	68 64
d_2	$4jk$	$es + ei -$	51 9	60 11	61 14	69 16	71 14	74 16	76 19	78 22	— —	— —	— —	— —

Внутренняя резьба

D_2	$3H$	$ES + EI$	65 0	76 0	80 0	90 0	90 0	95 0	102 0	109 0	116 0	116 0	136 0	— —
	$4H$	$ES + EI$	80 0	95 0	100 0	112 0	112 0	118 0	125 0	132 0	140 0	140 0	170 0	180 0
	$5H$	$ES + EI$	100 0	118 0	125 0	140 0	140 0	150 0	160 0	170 0	180 0	180 0	212 0	224 0
D_1	$6H$	$ES + EI$	200 0	236 0	265 0	300 0	265 0	300 0	335 0	375 0	450 0	375 0	500 0	560 0

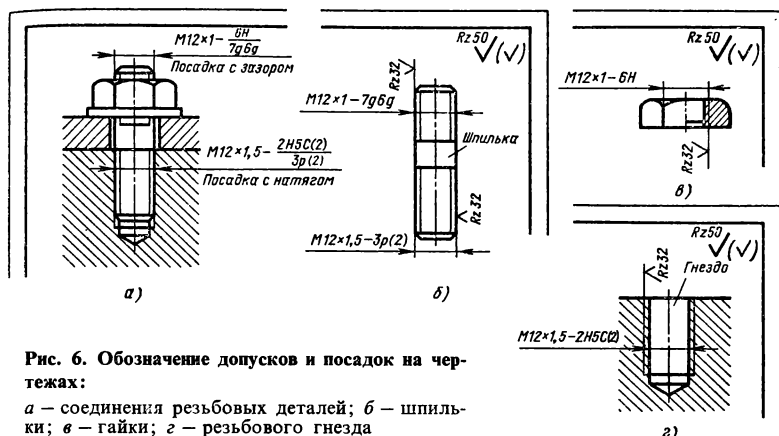


Рис. 6. Обозначение допусков и посадок на чертежах:

а — соединения резьбовых деталей; б — шпильки; в — гайки; г — резьбового гнезда

Верхние и нижние отклонения диаметров наружной и внутренней резьбы переходных посадок даны в табл. 19.

Примеры обозначения допусков и посадок резьбовых соединений показаны на рис. 6.

РЕЗЬБА МЕТРИЧЕСКАЯ КОНИЧЕСКАЯ С КОНУСНОСТЬЮ 1:16

Коническую резьбу применяют для непроницаемых конических соединений, а также для соединений наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой. Профиль этой резьбы аналогичен профилю цилиндрической резьбы (рис. 7, а). Размеры конической резьбы отсчитывают от *основной плоскости* — плоскости, перпендикулярной оси резьбы и расположенной от торцов внутренней резьбы на расстоянии l_2 и от торцов наружной резьбы на расстоянии l_1 . В основной плоскости диаметры конической резьбы равны соответствующим номинальным диаметрам метрической резьбы (табл. 20). Для внутренней цилиндрической резьбы основная плоскость совпадает с торцом детали, и для нее $l_2 = 0$.

Средний диаметр в основной плоскости принят за номинальный. Отклонения по среднему диаметру косвенно ограничиваются смещением основной плоскости в осевом направлении. Осевое смещение основной плоскости наружной Δl_1 и внутренней Δl_2 резьбы (рис. 7, б) относительно номинального расположения не должно превышать величин, указанных в табл. 21. Смещение основной плоскости является суммарным, включающим отклонения среднего диаметра, шага, угла наклона $\alpha/2$ боковой стороны профиля и угла конуса φ .

Для конической резьбы (рис. 7, а) установлены предельные отклонения среза вершин и впадин (размеров $H/8$ и $H/4$), угла наклона бо-

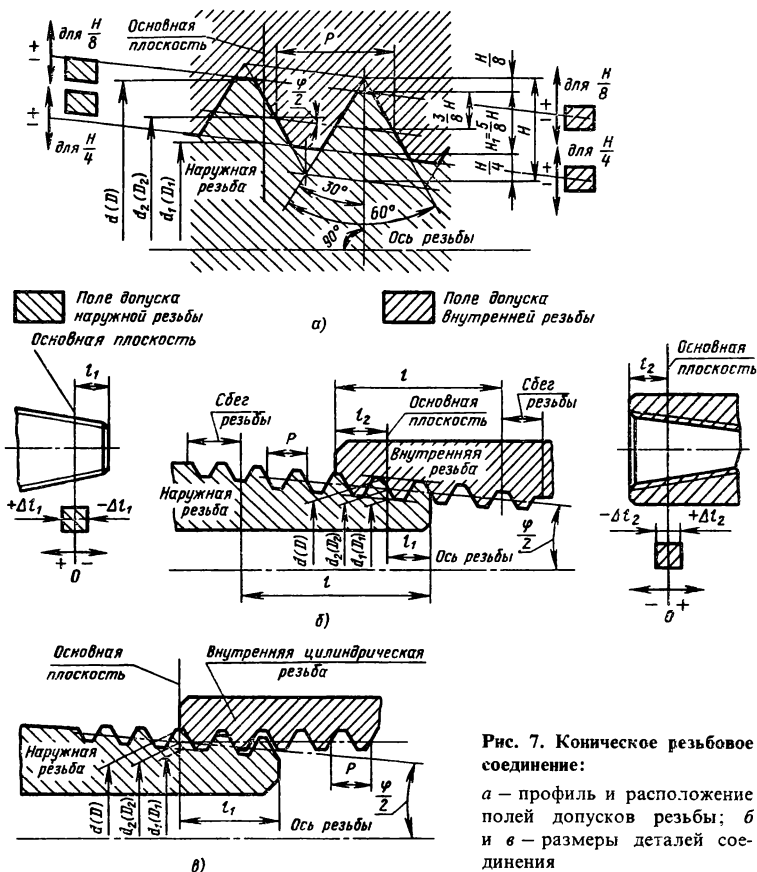


Рис. 7. Коническое резьбовое соединение:

а — профиль и расположение полей допусков резьбы; б и в — размеры деталей соединения

вой стороны профиля $\alpha/2$, шага резьбы P и угла конуса φ (в виде разности средних диаметров на длине $l_1 + l_2$). Для цилиндрической внутренней резьбы (рис. 7, в) установлены предельные отклонения внутреннего диаметра D_1 и среза впадины (размер $H/8$). Поле допуска среднего диаметра внутренней цилиндрической резьбы должно соответствовать $6H$.

Коническую резьбу обозначают буквами **МК**, внутреннюю цилиндрическую **М**; в обозначении указывают также номинальный диаметр, шаг, номер стандарта. Соединение внутренней цилиндрической с наружной конической резьбой обозначают дробью, например **М/МК** $20 \times 1,5$.

20. Размеры (мм) конической резьбы в основной плоскости

Номи- нальный диаметр $d(D)$		Шаг P	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	l	l_1	l_2	Номи- нальный диаметр $d(D)$		Шаг P	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	l	l_1	l_2
1-й ряд	2-й ряд							1-й ряд	2-й ряд						
6		1	5,350	4,917	8	2,5	3		27		25,701	24,835			
8			7,350	6,917				30	33		28,701	27,835			
10			9,350	8,917				36	39		31,701	30,835			
								42	45		34,701	33,835			
12	14	1,5	11,026	10,376	11	3,5	4		48	2	37,701	36,835	16	5	6
			13,026	12,376					52		40,701	39,835			
16			15,026	14,376				48	56		43,701	42,835			
			17,026	16,376							46,701	45,835			
20	18		19,026	18,376							50,701	49,835			
			21,026	20,376							54,701	53,835			
24	22		23,026	22,376					60		58,701	57,835			

Примечание. При выборе диаметров резьб 1-й ряд следует предпочитать 2-му; l — рабочая длина резьбы.

21. Предельные отклонения элементов конической резьбы, мкм

Номи- наль- ный ди- аметр <i>d</i> , мм		Шаг <i>P</i> , мм	Предельные отклонения резьбы						Разность сред- них диаметров на длине <i>l</i> ₁ + <i>l</i> ₂			Предельные отклонения цилиндрической внутренней резьбы		
			<i>Δl</i> ₁	<i>Δl</i> ₂	$\frac{H}{8}$		$\frac{H}{4}$		но- ми- наль- ная	Отклоне- ния резьбы		$\frac{H}{8}$	<i>D</i> ₁	
					на- руж- ной	внут- рен- ней	на- руж- ной	внут- рен- ней		на- руж- ной	внут- рен- ней		<i>ES</i>	<i>EI</i>
От	До													
6	10	1	± 900	± 1200	+32	± 30	+50 +15	± 30	344	+38 -19	+19 -38	± 30	+120	0
10	24	1,5	± 1100	± 1500	+48	± 40	+65 +20	± 40	469	+52 -26	+26 -52	± 40	+150	0
24	60	2	± 1400	± 1800	+64	± 50	+85 +30	± 50	688	+77 -38	+38 -77	± 50	± 190	0

Примечание. Предельные отклонения угла наклона $\alpha/2$ не более $\pm 45'$. Предельные отклонения шага P на длине $l_1 + l_2$ не более ± 40 мкм, на длине l — не более ± 70 мкм.

СИСТЕМА ДОПУСКОВ НА УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ И ПОСАДКИ КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Стандарты на допуски угловых размеров и конических соединений приведены в табл. 1.

1. Стандарты на допуски угловых размеров

Стандарт	Наименование
ГОСТ 8593—81 (СТ СЭВ 512—77)	ОНВ. Нормальные конусности и углы конусов
ГОСТ 8908—81 (СТ СЭВ 178—75, СТ СЭВ 513—77)	ОНВ. Нормальные углы и допуски углов
ГОСТ 25307—82 (СТ СЭВ 1780—79) СТ СЭВ 1779—79	ОНВ. Система допусков и посадок для конических соединений ОНВ. Конусы и конические соединения. Термины и определения

Единицей плоского угла, согласно ГОСТ 8.417—81, является радиан, обозначаемый рад. Углом в один радиан называется плоский угол между двумя радиусами круга, вырезающий из окружности дугу, длина которой равна радиусу. Однако в практике продолжает применяться древняя система, построенная на градусе (°), минуте (′), секунде (″): 1° = 60′ = 360″. Соотношение между единицами градусной и радианной систем мер приведено в табл. 2.

ДОПУСКИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ

Размеры нормальных углов общего назначения приведены в табл. 3.

Нормальные углы применяют для независимых угловых размеров, т. е. конструктивно не связанных с линейными или другими угловыми размерами данного изделия. Углы конусов, например конусов инструментов, выражают через конусность, обозначаемую латинской буквой C :

$$C = \frac{D - d}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (1)$$

Конусность C — отношение разности диаметров двух поперечных сечений к расстоянию между ними (рис. 1, а). Конусность часто указывают в виде отношения 1:х, где х — расстояние между поперечными

2. Соотношение между угловыми единицами ($1^\circ = 60' = 360''$,
1 мкрад = 0,000001 рад)

Секунда	Микрорadian	Секунда	Микрорadian	Минута	Микрорadian	Минута	Микрорadian	Градус	Радян	Градус	Радян
1	5	31	150	1	291	31	9018	1	0,017453	31	0,541052
2	10	32	155	2	582	32	9309	2	0,034907	32	0,558505
3	15	33	160	3	873	33	9600	3	0,052360	33	0,575959
4	19	34	165	4	1164	34	9890	4	0,069813	34	0,593412
5	24	35	170	5	1454	35	10181	5	0,087266	35	0,610865
6	29	36	175	6	1745	36	10472	6	0,104720	36	0,628319
7	34	37	179	7	2036	37	10763	7	0,122173	37	0,645772
8	39	38	184	8	2327	38	11054	8	0,139626	38	0,663225
9	44	39	189	9	2618	39	11345	9	0,157080	39	0,680678
10	48	40	194	10	2909	40	11636	10	0,174533	40	0,698132
11	53	41	199	11	3200	41	11926	11	0,191986	45	0,785398
12	58	42	204	12	3491	42	12217	12	0,209440	50	0,872665
13	63	43	208	13	3782	43	12508	13	0,226893	55	0,959931
14	68	44	213	14	4072	44	12799	14	0,244346	60	1,047198
15	73	45	218	15	4363	45	13090	15	0,261799	65	1,134464
16	78	46	223	16	4654	46	13381	16	0,279253	70	1,221730
17	82	47	228	17	4945	47	13672	17	0,296706	75	1,308997
18	87	48	233	18	5236	48	13963	18	0,314159	80	1,396263
19	92	49	238	19	5527	49	14254	19	0,331613	85	1,483530
20	97	50	242	20	5818	50	14544	20	0,349066	90	1,570796
21	102	51	247	21	6109	51	14835	21	0,366519	100	1,745329
22	107	52	252	22	6400	52	15126	22	0,383972	120	2,094395
23	112	53	257	23	6690	53	15417	23	0,401426	135	2,356194
24	116	54	261	24	6981	54	15708	24	0,418879	150	2,617994
25	121	55	267	25	7272	55	15999	25	0,436332	180	3,141593
26	126	56	271	26	7563	56	16290	26	0,453786	200	3,490659
27	131	57	276	27	7854	57	16581	27	0,471239	250	4,363323
28	136	58	281	28	8145	58	16872	28	0,488692	270	4,712389
29	141	59	286	29	8436	59	17162	29	0,506145	300	5,235988
30	145	60	291	30	8727	60	17453	30	0,523599	360	6,283185

3. Нормальные углы общего назначения

Ряд										
1	2	3	1	2	3	1	2	3		
0°	0°	0°		10°	9°	60°	60°	60°		
		0°15'			10°			65°		
		0°30'			12°			70°		
	0°30'	0°45'	15°	15°	15°		75°	75°		
	1°	1°								
		1°30'								
	2°	2°	20°	20°	18°			80°		
		2°30'			20°			85°		
	3°	3°								
	4°	4°								
5°	5°	5°	30°	30°	30°	90°	90°	90°		
	6°	6°			35°			100°		
					40°			110°		
	7°	7°	45°	45°	45°		120°	120°		
					50°					
	8°	8°			55°					
								135°		
								150°		
								180°		
								270°		
								360°		

Примечание. При выборе углов 1-й ряд следует предпочитать 2-му ряду, а 2-й ряд — 3-му ряду.

сечениями конуса, разность диаметров которых равна 1 мм, например $C = 1:20$. Нормальные конусности и углы конусов приведены в табл. 4.

Для углов установлено семнадцать степеней точности, обозначаемых в порядке убывания точности $AT_1, AT_2, AT_3 \dots AT_{16}, AT_{17}$. Буквы латинские AT обозначают допуск угла — разность между наибольшим и наименьшим предельными (допустимыми) углами. По 1–7-й степеням точности изготавливают угловые меры и калибры.

Стандартом для каждой степени точности определены четыре вида допусков на угловые размеры:

AT_α — допуск угла, выраженный в угловых единицах (рис. 1, б), на пример в мкрад, градусах (...°), минутах (...) и секундах (...");

AT'_α — округленное значение допуска угла в ...°, ...' и ...", например если допуск $AT_{\alpha 17} = 4^\circ 35' 01''$ (при интервале длин L до 10 мм), то соответствующий ему допуск $AT'_{\alpha 17} = 4^\circ$;

AT_h — допуск угла, выраженный отрезком на перпендикуляре (в мкм) к стороне угла, противолежащему углу AT_α на расстоянии L_1 от вершины этого угла (рис. 1, в);

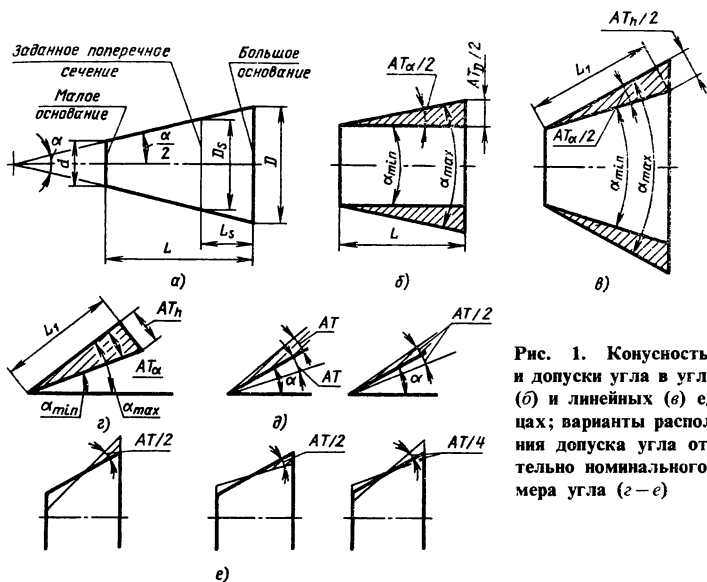


Рис. 1. Конусность (а) и допуски угла в угловых (б) и линейных (в) единицах; варианты расположения допуска угла относительно номинального размера угла (г — е)

4. Нормальные конусности и углы конусов

1-й ряд	2-й ряд	Конусность C	Угол конуса	Угол в радианах
1:500	—	0,002 000 0	6'52,5"	0,002 000 0
1:200	—	0,005 000 0	17'11,3"	0,005 000 0
1:100	—	0,010 000 0	34'22,6"	0,010 000 0
1:50	—	0,020 000 0	1°8'45,2"	0,019 999 6
—	1:30	0,033 333 3	1°54'34,9"	0,033 330 4
1:20	—	0,050 000 0	2°51'51,1"	0,049 989 6
—	1:15	0,066 666 7	3°49'5,9"	0,066 642 0
—	1:12	0,083 333 3	4°46'18,8"	0,083 285 2
1:10	—	0,100 000 0	5°43'29,3"	0,099 916 8
—	1:8	0,125 000 0	7°9'9,6"	0,124 837 6
—	1:7	0,142 857 1	8°10'16,4"	0,142 614 8
—	1:6	0,166 666 7	9°31'38,2"	0,166 282 4
1:5	—	0,200 000 0	11°25'16,3"	0,199 337 4
—	1:4	0,250 000 0	14°15'0,1"	0,248 710 0
1:3	—	0,333 333 3	18°55'28,7"	0,330 297 2
1:1,866 025	—	0,535 898 5	30°	0,523 598 8
1:1,207 107	—	0,828 426 9	45°	0,785 398 2
1:0,866 025	—	1,154 701 0	60°	1,047 197 6
—	1:0,65	1,534 653 2	75°	1,308 997 0
1:0,500 000	—	2,000 000 0	90°	1,570 796 4
1:0,288 675	—	3,464 103 2	120°	2,094 395 2

5. Допуски углов по ГОСТ 8908—81. Округленное значение AT'_α

Сте- пень точ- ности	Интервалы длины L и L_I , мм											
	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600
3	26''	20''	16''	12''	10''	8''	6''	5''	4''	3''	—	—
4	40''	32''	26''	20''	16''	12''	10''	8''	6''	5''	4''	3''
5	1'	50''	40''	32''	26''	20''	16''	12''	10''	8''	6''	5''
6	1'40''	1'20''	1'	50''	40''	32''	26''	20''	16''	12''	10''	8''
7	2'30''	2'	1'40''	1'20''	1'	50''	40''	32''	26''	20''	16''	12''
8	4'	3'	2'30''	2'	1'40''	1'20''	1'	50''	40''	32''	26''	20''
9	6'	5'	4'	3'	2'30''	2'	1'40''	1'20''	1'	50''	40''	32''
10	10'	8'	6'	5'	4'	3'	2'30''	2'	1'40''	1'20''	1'	50''
11	16'	12'	10'	8'	6'	5'	4'	3'	2'30''	2'	1'40''	1'20''
12	26'	20'	16'	12'	10'	8'	6'	5'	4'	3'	2'30''	2'
13	40'	32'	26'	20'	16'	12'	10'	8'	6'	5'	4'	3'
14	1°	50'	40'	32'	26'	20'	16'	12'	10'	8'	6'	5'
15	1°40'	1°20'	1°	50'	40'	32'	26'	20'	16'	12'	10'	8'
16	2°		1°			40'			20'		10'	
17	4°		2°			1°20'			40'		20'	

Примечание. В ГОСТ 8908—81 приведены значения допусков AT'_α в микроградусах, используемые в качестве исходных для определения допусков AT_α , AT_h и AT_D .

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 (рис. 1, б). Значение округленного допуска AT'_α рекомендуется указывать на чертежах.

Допуск угла может располагаться относительно номинального размера угла, как это показано на рис. 1, г-е в «плюс» ($+AT$), в «минус» ($-AT$) или симметрично ($\pm AT/2$). Числовые значения допусков углов приведены в табл. 5.

Допуски углов конусов назначают в зависимости от длины конуса L (для конусов с конусообразностью не более 1:3) или от длины образующей конуса L_1 (для конусов с конусообразностью более 1:3). Допуски углов призматических элементов деталей назначают в зависимости от номинальной длины L_1 меньшей стороны угла.

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Гладкие конические соединения применяют с целью обеспечения герметичности, высоких прочности и напряженности соединения, самоцентрируемости элементов соединения. Они допускают регулирование зазора и натяга, а также быструю разборку и сборку деталей соединения. Изготовить коническую деталь без отклонений от номинального конуса невозможно. Под номинальным понимают конус, определяемый номинальной поверхностью и номинальными размерами (рис. 1, а): номинальным диаметром конуса (это может быть номинальный диаметр D большого основания, номинальный диаметр d малого основания или номинальный диаметр D_s в заданном поперечном сечении); номинальной длиной L конуса (расстоянием между вершиной и основанием конуса или между основаниями усеченного конуса); номинальным углом конуса α или номинальной конусностью C .

При рассмотрении допусков и посадок конических соединений пользуются также следующими терминами (рис. 2);

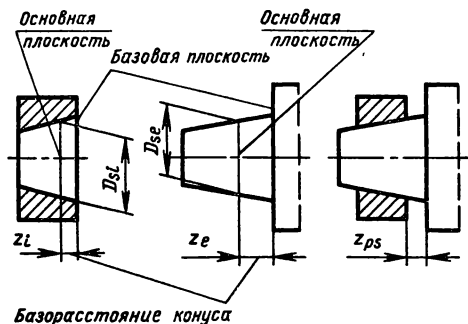


Рис. 2. Параметры конического соединения

основная плоскость — плоскость поперечного сечения конуса, в котором задается номинальный диаметр конуса.

базовая плоскость — плоскость, перпендикулярная оси конуса и служащая для определения осевого положения основной плоскости или осевого положения данного конуса относительно сопрягаемого с ним конуса. 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. Этот термин применим и для соединения двух конусов.

базорасстояние соединения z_p — осевое расстояние между базовыми плоскостями сопрягаемых наружного и внутреннего конусов.

Для надежной эксплуатации конического соединения необходимо, чтобы отклонения действительных размеров конуса находились в пределах установленных допусков.

Для конусов устанавливают следующие допуски:

диаметра конуса в любом сечении T_D , равного разности предельных диаметров конуса в одном и том же поперечном сечении (на рис. 3, а реальная поверхность показана основной сплошной линией);

диаметра конуса в заданном сечении T_{Ds} ;

угла конуса AT (рис. 3, б);

формы конуса — допуск круглости (рис. 3, в) T_{FR} ;

прямолинейности образующей T_{FL} (рис. 3, а).

Допуски T_D и T_{Ds} должны соответствовать ГОСТ 25346—82 и 25347—82. Поля допусков диаметров наружных и внутренних конусов приведены в табл. 6, предельные отклонения размеров, отсут-

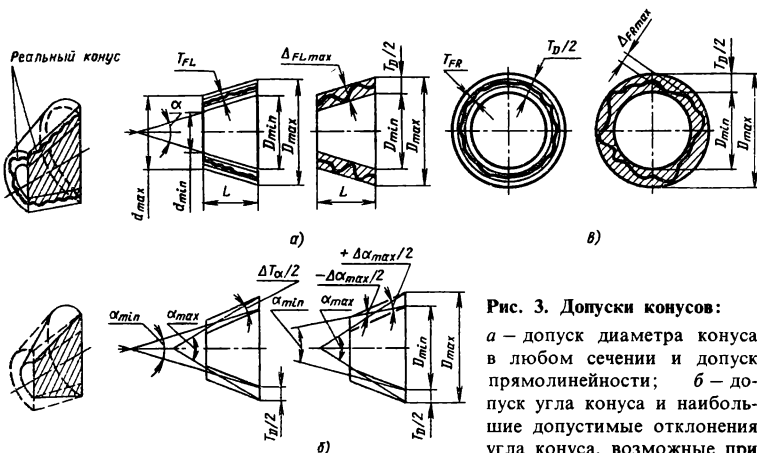


Рис. 3. Допуски конусов:

а — допуск диаметра конуса в любом сечении и допуск прямолинейности; б — допуск угла конуса и наибольшие допустимые отклонения угла конуса, возможные при полном использовании допуска; в — допуск круглости

и наибольшие допустимые отклонения формы конуса, возможные при полном использовании допуска

6. Поля допусков диаметров T_D и T_{D_s} наружных и внутренних конусов

Квалитет поля допуска $T_D(T_{Dg})$	Наружные конусы												Внутренние конусы		
	5	g_5	h_5	j_{s5}	k_5	m_5	n_5	p_5	r_5	s_5	—	—	H_5	J_{s5}^*	—
6	f_6	g_6	h_6	j_{s6}	k_6	m_6	n_6	p_6	r_6	s_6	t_6		H_6	J_{s6}^*	—
7	e_7	f_7	h_7	j_{s7}	k_7	m_7	n_7	s_7	u_7	—	—		H_7	J_{s7}^*	—
8	d_8	e_8	f_8	h_8	j_{s8}^{**}	k_8^{**}	—	u_8	z_8	x_8	—		H_8	J_{s8}^*	—
9	d_9	e_9		f_9		h_9		j_{s9}^{**}		k_9^{**}			H_9	J_{s9}^{**}	N_9^{**}
10	h_{10}^{**}			j_{s10}^{**}				k_{10}^{**}				H_{10}^{**}	J_{s10}^{**}	N_{10}^{**}	
11	h_{11}^{**}			j_{s11}^{**}				k_{11}^{**}				H_{11}^{**}	J_{s11}^{**}	N_{11}^{**}	
12	h_{12}^{**}			j_{s12}^{**}				k_{12}^{**}				H_{12}^{**}	J_{s12}^{**}	N_{12}^{**}	

* Поля допусков, как правило, не предназначены для посадок.

** Поля допусков для посадок с фиксацией по осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения или по заданному усилию запрессовки. Для внутренних конусов до 3 мм вместо полей допусков $N9-N12$ следует применять поля допусков $K9-K12$.

ствующих в указанных выше стандартах, т. е. введенных дополнительно для конусов, — в табл. 7.

Допуски AT должны соответствовать ГОСТ 8908—81, а допуски круглости T_{FR} и прямолинейности образующей T_{FL} — ГОСТ 24643—81 (см. гл. 3). При выбранном качестве допуски T_D и T_{FR} определяют по номинальному диаметру большого основания конуса, а допуски T_{D_s} и T_{FL} — соответственно по номинальному диаметру в заданном сечении и длине конуса L .

Полем допуска конуса называется область в пространстве, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности конуса.

Все виды допусков конуса можно выражать двумя способами: совместным нормированием всех видов допусков одним допуском T_D диаметра конуса в любом сечении. Допуск T_D определяет поле допуска конуса, ограниченное двумя предельными конусами, между которыми должны находиться все точки реальной поверхности конуса, и ограничивает не только отклонения диаметра, но и отклонения угла и формы конуса (рис. 3, а);

7. Верхние и нижние отклонения (мкм) наружных и внутренних конусов

Поля допусков	Отклонения	Номинальные диаметры D и D_s , мм												
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500

Наружные конусы

$k8$	$es + ei = 0$	14 0	18 0	22 0	27 0	33 0	39 0	46 0	54 0	63 0	72 0	81 0	89 0	97 0
$k9$	$es + ei = 0$	25 0	30 0	36 0	43 0	52 0	62 0	74 0	87 0	100 0	115 0	130 0	140 0	155 0
$k10$	$es + ei = 0$	40 0	48 0	58 0	70 0	84 0	100 0	120 0	140 0	160 0	185 0	210 0	230 0	250 0
$k11$	$es + ei = 0$	60 0	75 0	90 0	110 0	130 0	160 0	190 0	220 0	250 0	290 0	320 0	360 0	400 0
$k12$	$es + ei = 0$	100 0	120 0	150 0	180 0	210 0	250 0	300 0	350 0	400 0	460 0	520 0	570 0	630 0

Внутренние конусы

$N10$	$ES = 0$ $EI -$	0 40	0 48	0 58	0 70	0 84	0 100	0 120	0 140	0 160	0 185	0 210	0 230	0 250
$N11$	$ES = 0$ $EI -$	0 60	0 75	0 90	0 110	0 130	0 160	0 190	0 220	0 250	0 290	0 320	0 360	0 400
$N12$	$ES = 0$ $EI -$	0 100	0 120	0 150	0 180	0 210	0 250	0 300	0 350	0 400	0 460	0 520	0 570	0 630

Примечание. Нижнее EI отклонения номинальных диаметров до 3 мм внутренних конусов (в мкм) равны: для $K9$ $EI = -25$, для $K10$ $EI = -40$; для $K11$ $EI = -60$ и для $K12$ $EI = -100$.

Верхние отклонения для указанных внутренних конусов $ES = 0$.

раздельным нормированием каждого вида допусков, а именно допуска диаметра конуса T_{D_s} в заданном сечении, допуска угла конуса AT , допуска круглости T_{FR} и допуска прямолинейности T_{FL} образующей конуса.

При этом допуски угла конуса AT и допуски формы конуса T_{FR} и T_{FL} назначаются в том случае, если отклонения угла конуса ограничены более узкими пределами, чем это возможно при полном использовании допуска T_D .

Наибольшие отклонения угла конуса и его формы, возможные при полном использовании допуска T_D , приведены в табл. 8.

8. Наибольшие отклонения угла конуса $\Delta\alpha_{D\max}$, формы конуса (отклонения от круглости $\Delta_{FR\max}$ и от прямолинейности $\Delta_{FL\max}$) при полном использовании допуска T_D

Квалитет пуска T_D	до- 3	Номинальный диаметр большого основания конуса D , мм										
		Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.	Св.
		до 3 до 6	до 6 до 10	до 10 до 18	до 18 до 30	до 30 до 50	до 50 до 80	до 80 до 120	до 120 до 180	до 180 до 250	до 250 до 315	до 315 до 400

Наибольшие отклонения от круглости $\Delta_{FR\max}$
и прямолинейности $\Delta_{FL\max}$, мкм

4	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
5	2	2,5	3	4	4,5	5,5	6,5	7,5	9	10	11,5	12,5	13,5
6	3	4	4,5	5,5	6,5	8	9,5	11	12,5	14,5	16	18	20
7	5	6	7,5	9	10,5	12,5	15	17,5	20	23	26	28,5	31,5
8	7	9	11	13,5	16,5	19,5	23	27	31,5	36	40,5	44,5	48,5
9	12,5	15	18	21,5	26	31	37	43,5	50	57,5	65	70	77,5
10	20	24	29	35	42	50	60	70	80	92,5	105	115	125
11	30	37,5	45	55	65	80	95	110	125	145	160	180	200
12	50	60	75	90	105	125	150	175	200	230	260	285	315

Наибольшие отклонения угла конуса $\Delta\alpha_{D\max}$ со знаком $\pm$, мкм

4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630

Коническая посадка определяет характер конического соединения, оцениваемый разностью до сборки диаметров внутреннего и наружного конусов в их поперечных сечениях, совмещаемых после фиксации взаимного осевого положения. Как правило, в посадках рекомендуется сочетать поля допусков диаметров одного квалитета.

В зависимости от способа фиксации взаимного осевого положения сопрягаемых конусов конические посадки подразделяют на четыре типа:

1) посадки с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов сопрягаемых конусов. На рис. 4, а совмещены базовые плоскости наружного и внутреннего конусов. При этом могут быть получены как посадки с зазором (поле допуска внутреннего конуса расположено над полем допуска наружного конуса), так и посадки с натягом (поле допу-

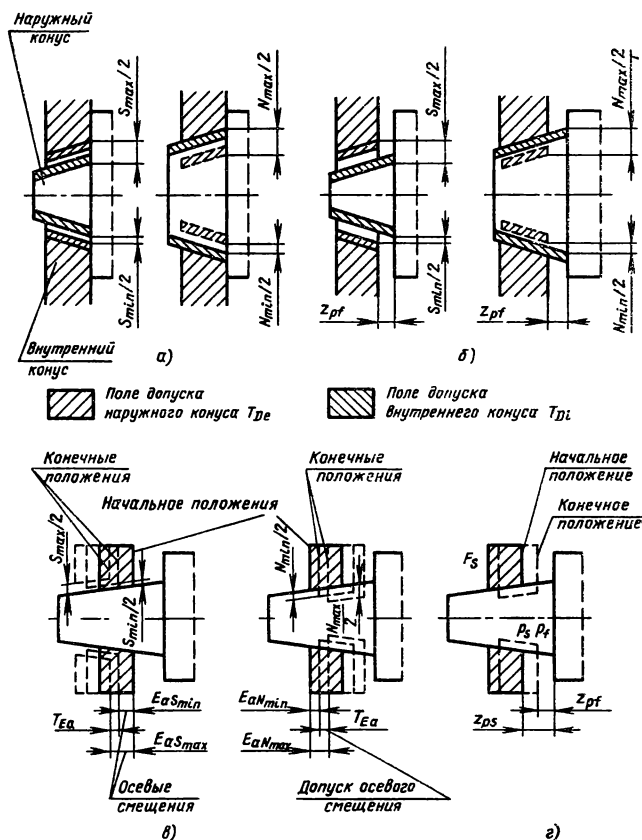


Рис. 4. Посадки конусов с фиксацией:

a — совмещение конструктивных элементов конусов; *б* — по заданному осевому расстоянию z_{pf} между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов; *в* — по заданному осевому смещению E_a конусов от их начального положения; *г* — по заданному усилию запрессовки F_s

ска внутреннего конуса расположено под полем допуска наружного конуса). Возможно получение также переходных посадок;

2) посадки с фиксацией по заданному осевому расстоянию z_{pf} между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов (рис. 4, б). В этом случае также возможно получение посадок с зазором, с натягом и переходных;

3) посадки с фиксацией по заданному осевому смещению E_a сопрягаемых конусов от их начального положения (рис. 4, в).

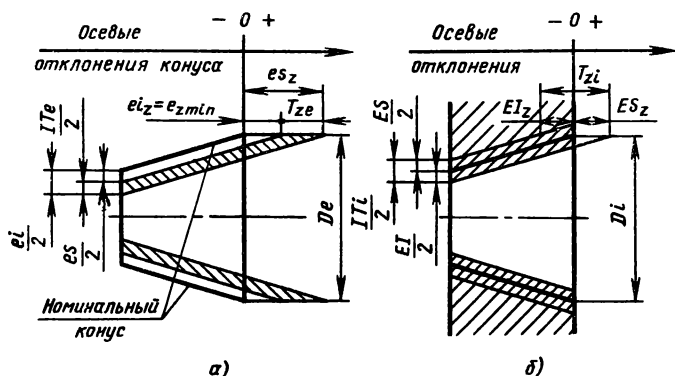


Рис. 5. Осевые отклонения и допуски конуса:

а — наружного; б — внутреннего

Примечание. В конических соединениях могут быть использованы допуски в осевом направлении, так называемые *осевые допуски конусов* T_z (наружного T_{ze} , внутреннего T_{zi}), равные разности между верхними и нижними осевыми отклонениями конуса. Осевые отклонения конуса показаны на рис. 5:

верхнее (e_{sz} — наружного и ES_z — внутреннего) осевые отклонения наименьших предельных конусов, определяющиеся нижними отклонениями диаметров конусов (наружного e_i и внутреннего EI) в основной плоскости;

нижние (e_{iz} наружного и EI_z внутреннего конусов) осевые отклонения наибольших предельных конусов, определяющиеся верхними отклонениями диаметров конусов (наружного es и внутреннего ES) в основной плоскости.

Осевые отклонения конусов отсчитывают от основной плоскости; они положительны, если направлены от вершины конуса, и отрицательны, если направлены к вершине конуса.

На рис. 4, в при смещении в осевом направлении внутреннего конуса влево получают посадки с зазором, а при смещении вправо — посадки с натягом. Конечные положения сдвигаемого внутреннего конуса показаны пунктиром.

4) *посадки с фиксацией по заданному усилию запрессовки F_s* , прилагаемому в начальном положении конусов (см. рис. 4, г). При этом способе могут быть получены только посадки с натягом. Чем больше усилие запрессовки F_s , тем больший натяг обеспечивается посадкой.

Для посадки с фиксацией по первому и второму типам применяют совместное нормирование всех видов допусков одним допуском T_D , а с фиксированием по третьему и четвертому типам — раздельное нормирование каждого вида допусков. Последний вид нормирования предпочтителен при нормировании допусков несопрягаемых конусов.

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

ПАРАМЕТРЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

подавляющее большинство механизмов и машин имеют зубчатые передачи, состоящие из двух или более колес. Зубчатое колесо, установленное на валу, передающем вращение, называется ведущим, а на валу, получающем вращение, — ведомым. Меньшее из двух сопряженных (находящихся в зацеплении) колес называют шестерней, а большее — колесом. Термин «зубчатое колесо» относится к обоим де-

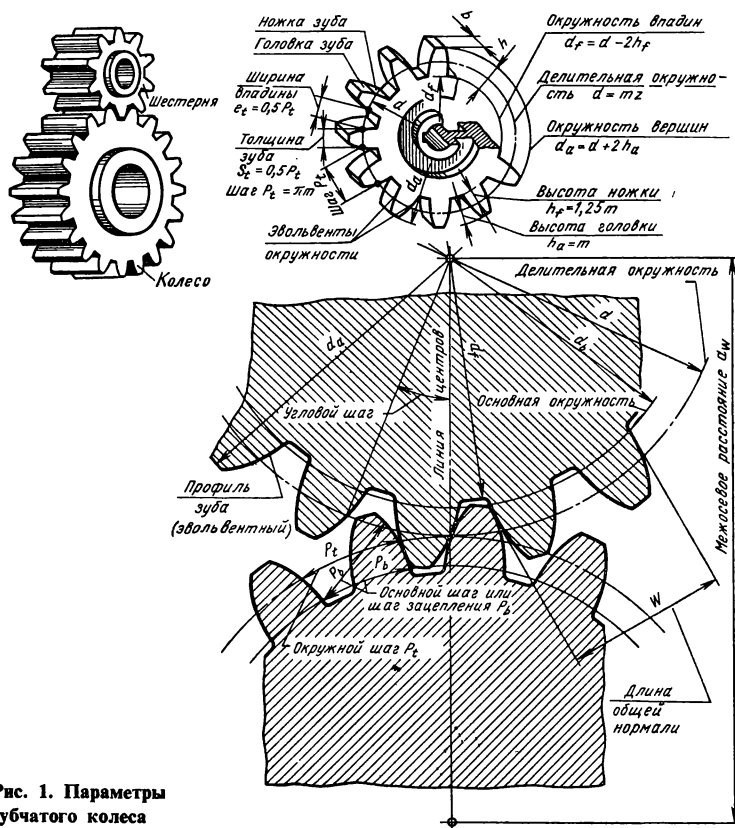


Рис. 1. Параметры зубчатого колеса

талям передачи. Наибольшее распространение получили эвольвентные цилиндрические зубчатые передачи с прямыми зубьями, поэтому ниже приводятся сведения о допусках и посадках этих передач.

Основные параметры зубчатого колеса показаны на рис. 1.

Делительная окружность. Делительными окружностями пары зубчатых колес называются соприкасающиеся окружности, катящиеся одна по другой без скольжения (на рис. 1 обозначены штрихпунктирной линией, диаметр этой окружности — латинской буквой d).

Шаг зацепления P_t — расстояние между одноименными профильными поверхностями (выполненными по кривой, называемой эвольвентой) соседних зубьев, измеренное по дуге делительной окружности в миллиметрах. Шаг равен длине делительной окружности, деленной на число зубьев z . Известно, что длина любой окружности равна ее диаметру, умноженному на число π , длина делительной окружности равна шагу, умноженному на число зубьев. Отсюда получим равенство $\pi d = P_t z$, из которого находим диаметр делительной окружности

$$d = \frac{P_t}{\pi} z = mz, \quad (1)$$

где m — модуль зубчатого зацепления.

Модуль m — число, показывающее, сколько миллиметров диаметра делительной окружности приходится на один зуб зубчатого колеса. Делительная окружность (поверхность) делит зуб на головку и ножку.

Высота головки h_a — расстояние между делительной окружностью колеса и окружностью вершин (выступов) зубьев: $h_a = m$.

Высота ножки h_f — расстояние между делительной окружностью и окружностью впадин $h_f = 1,25 m$. Полная высота зуба $h = m + 1,25 m = 2,25 m$. Для колес с модулем менее 1 мм высота зуба $h = 2,3 m$, а высота ножки $h_f = 1,3 m$.

В табл. 1 приведены стандарты на допуски и посадки колес.

1. Стандарты на допуски зубчатых передач

Стандарт	Наименование
ГОСТ 1643—81 (СТ СЭВ 641—77, СТ СЭВ 643—77, СТ СЭВ 644—77)	ОНВ. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски
ГОСТ 9178—81 (СТ СЭВ 642—77)	ОНВ. Передачи зубчатые цилиндрические мелко-модульные. Допуски
ГОСТ 1758—81 (СТ СЭВ 186—75 СТ СЭВ 1161—78)	ОНВ. Передачи зубчатые конические и гипоидные. Допуски
ГОСТ 10242—81 (СТ СЭВ 312—76 СТ СЭВ 644—77)	ОНВ. Передачи зубчатые реечные. Допуски

Продолжение табл. 1

Стандарт	Наименование
ГОСТ 3675—81 (СТ СЭВ 311—76 и СТ СЭВ 1162—78)	ОНВ. Передачи червячные цилиндрические
ГОСТ 9774—81 (СТ СЭВ 1913—79 и СТ СЭВ 1162—78)	ОНВ. Передачи червячные цилиндрические мелко- модульные
ГОСТ 13506—81 (СТ СЭВ 1160—78)	ОНВ. Передачи зубчатые реечные мелко модульные. Допуски
ГОСТ 9368—81 (СТ СЭВ 313—77)	ОНВ. Передачи зубчатые конические мелко модульные. Допуски

СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Зубчатые колеса, как и любые другие детали, изготовляют с погрешностями, вызываемыми погрешностями профиля зубообрабатывающих инструментов (фрез, долбяков), их установки на станке, отклонениями размеров и формы заготовки, а также неточностью установки заготовки на станке, неточностями в кинематических цепях станка. Совместное действие перечисленных погрешностей приводит к кинематической погрешности колеса, неплавности его работы и нарушению прилегания поверхностей зубьев как по длине, так и по высоте зуба. Предельные значения погрешностей зубчатого колеса по его элементам нормированы стандартами (табл. 1).

По точности изготовления зубчатые колеса разделяют в порядке убывания точности на двенадцать степеней точности. *Степень точности* — заданный уровень допустимого несоответствия значений их действительных параметров расчетным (номинальным) значениям. В настоящее время допуски предусмотрены для степеней точности от 3-й до 12-й. Для 1-й и 2-й степеней точности допуски будут вводиться по мере надобности. В машиностроении, например, применяют зубчатые передачи следующих степеней точности: 3—6— в редукторах турбин; 3—8— в металлорежущих станках; 4—7— в авиадвигателях; 5—8— в легковых автомобилях; 5—8— в грузовых автомобилях; 8—11 в сельскохозяйственных машинах. Измерительные (образцовые) колеса изготовляют по 3—5-й степеням точности.

В зависимости от назначения зубчатые передачи условно подразделяются на отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения.

Отсчетные передачи обеспечивают высокую кинематическую точность, т. е. согласованность вращения колес. Обычно это колеса, входящие в кинематические цепи приборов, станков, следящих устройств.

Скоростные передачи должны работать плавно и бесшумно при высоких скоростях вращения. Это зубчатые колеса коробок передач автомобилей, станков, двигателей, турбин, редукторов.

Силовые передачи передают большие усилия, поэтому для них должна быть обеспечена полнота контакта зубьев.

В соответствии с подразделением зубчатых передач на группы построена система допусков на зубчатые колеса. Сказанное выше убеждает в том, что предъявлять одинаковые требования ко всем элементам зубчатого колеса нецелесообразно. Более высокие требования следует предъявлять к тем элементам, которые являются наиболее важными для данных условий эксплуатации.

Для каждой степени точности колес установлены нормы допускаемых отклонений параметров, определяющих кинематическую точность, плавность работы и контакт зубьев. Существуют три такие нормы точности.

Нормы кинематической точности определяют точность передачи вращения с одного вала на другой, т. е. величину полной погрешности (ошибки) угла поворота зубчатого колеса в пределах оборота.

Нормы плавности работы характеризуют степень плавности изменения кинематической погрешности передачи, равномерность вращения.

Нормы контакта зубьев определяют полноту прилегания поверхностей зубьев сопряженных колес в передаче.

Эти три нормы для передачи или колеса могут быть назначены как одной степени точности, так и разных степеней. Допускается комбинирование степеней точности, т. е. назначение для каждой нормы разных степеней точности. Однако при этом требуется, чтобы нормы плавности работы были не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев могут быть назначены по любым степеням, более точным, чем нормы плавности работы, и также не более чем на одну степень грубее нормы плавности. В результате комбинирования степеней точности по нормам точности улучшаются эксплуатационные качества колеса без значительного повышения стоимости его изготовления.

Независимо от точности изготовления передач и колес (норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев) назначаются требования к боковому зазору между нерабочими профилями

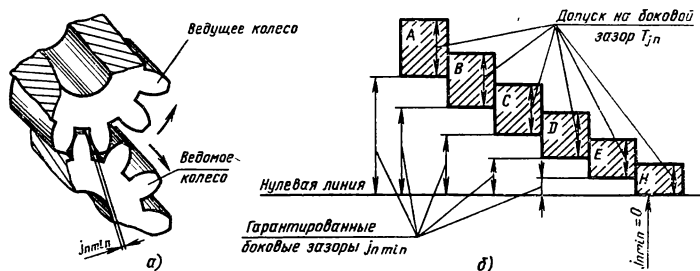


Рис. 2. Боковой зазор, зубчатого зацепления (а), виды сопряжений и допуски на боковой зазор (б)

зубьев в собранной передаче, объединенные в норму бокового зазора. Боковой зазор $j_{n\min}$ обеспечивает небольшой люфт (поворот) зубчатого колеса в передаче при заторможенном или неподвижном втором колесе. Этот зазор необходим для предотвращения заклинивания передачи при ее нагреве во время работы, для компенсации ошибок монтажа и для обеспечения смазывания колес. Зазор $j_{n\min}$ показан на рис. 2, а.

Установлено шесть видов сопряжений A, B, C, D, E и H (рис. 2, б), которые определяют величину гарантированного наименьшего бокового зазора $j_{n\min}$. На каждый вид сопряжения установлен допуск. Видом сопряжения H и E соответствует вид допуска на боковой зазор h , сопряжениям D, C, B и A — соответственно виды допусков d, c, b и a . Кроме

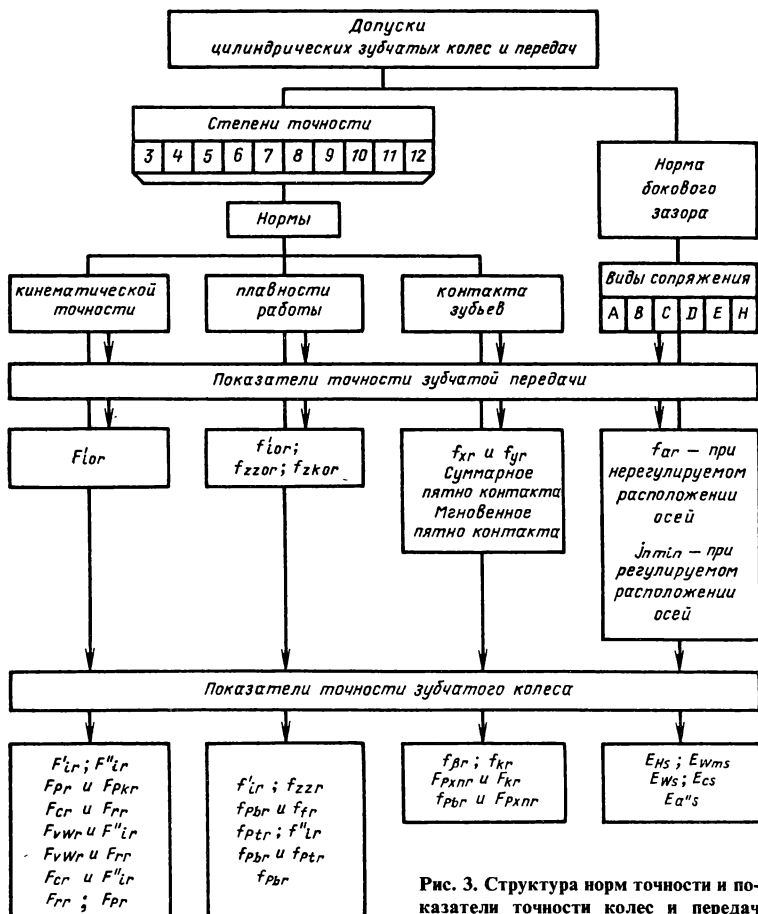


Рис. 3. Структура норм точности и показатели точности колес и передач

того, установлены увеличенные допуски x , y и z , которые при необходимости могут быть использованы вместо предусмотренных выше видов допусков для каждого вида сопряжения.

Стандартом установлены *шесть классов отклонений межосевого расстояния*, обозначаемых в порядке убывания точности римскими цифрами: I, II, III, IV, V и VI. Сопряжения H и E обеспечиваются при II классе, сопряжения D , C , B и A соответственно при III, IV, V и VI. В обоснованных случаях это соответствие между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния может изменяться.

Структура норм точности и показателей точности колес и передач приведена на рис. 3. Показатели точности зубчатой передачи являются комплексными. Если кинематическая точность и плавность работы собранной передачи соответствуют требованиям стандарта, то контроль колес по этим нормам в отдельности не производится. Если колеса, входящие в передачу, соответствуют стандарту, то контроль собранной передачи не является обязательным. Это положение распространяется и на контроль по нормам контакта зубьев.

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ

В собранной передаче, схематически изображенной на рис. 4, *а*, при повороте ведущего зубчатого колеса на угол φ_1 ведомое зубчатое колесо z_2 теоретически с учетом передаточного отношения должно повернуться на номинальный угол φ_3 . Однако вследствие влияния различных погрешностей ведомое колесо в действительности повернется на угол φ_2 , несколько больший или меньший, чем номинальный угол. Так проявляется *кинематическая погрешность* передачи, равная разности между действительным φ_2 и расчетным (номинальным) φ_3 углами поворота ведомого колеса передачи, выраженная в линейных величинах (микрометрах) длиной дуги делительной окружности колеса. Номинальный угол поворота ведомого колеса

$$\varphi_3 = \varphi_1 \frac{z_1}{z_2}, \quad (2)$$

где z_1 и z_2 — число зубьев ведущего и ведомого колеса.

Кинематическую погрешность передачи записывают в виде графика (рис. 4, *б*), на котором по оси ординат откладывают значение погрешности, а по оси абсцисс — угол поворота зубчатого колеса φ .

Комплексным показателем кинематической точности является *наибольшая кинематическая погрешность передачи* F'_{ior} — наибольшая разность значений кинематической погрешности передачи за полный цикл изменения относительного положения зубчатых колес. Эта погрешность ограничивается допуском F'_{io} .

Наибольшую кинематическую погрешность колеса F'_{ir} (комплексный показатель) определяют аналогично, причем вместо ведущего колеса используют очень точное измерительное (образцовое) колесо. При контроле F'_{ir} получают график, например показанный на рис. 4, *в*.

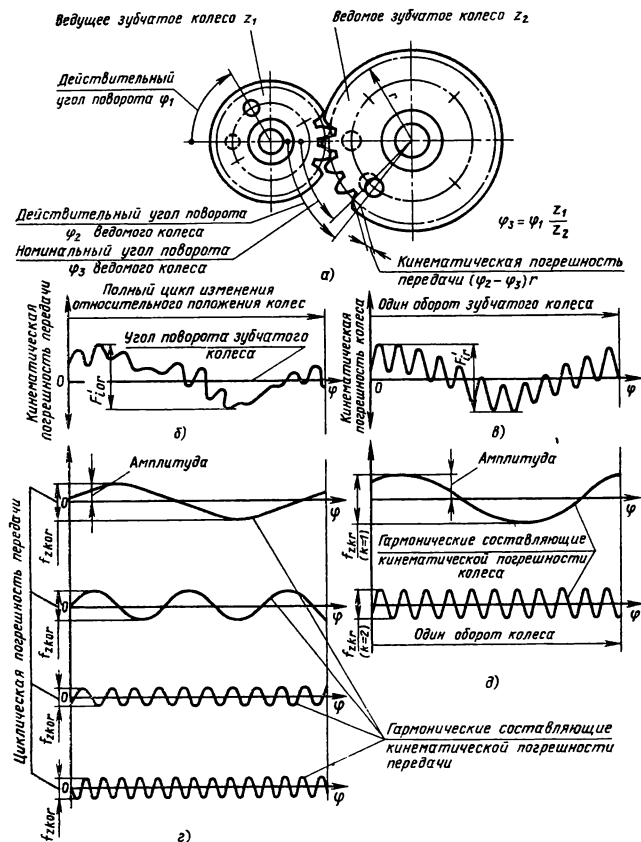


Рис. 4. Комплексные показатели кинематической точности и плавности работы

По комплексным показателям кинематической точности F'_{ior} и F_{ir} контролируют зубчатые передачи и колеса 3–8 степеней точности.

К поэлементным показателям кинематической точности колеса относятся следующие.

Накопленная погрешность K шагов f_{pkr} — наибольшая разность дискретных значений кинематической погрешности зубчатого колеса при номинальном его повороте на k целых угловых шагов (рис. 5, а).

Накопленная погрешность шага зубчатого колеса F_p — наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей в пределах зубчатого колеса. Ограничивается допуском F_p .

Погрешность обката F_{cr} — составляющая кинематической погрешно-

сти колеса, определяемая при вращении его на технологической оси и при исключении циклических погрешностей зубцовой частоты и кратных ей более высоких частот. Погрешность эта ограничивается допуском F_c . Под технологической осью понимается ось, вокруг которой вращается колесо в процессе окончательной обработки зубьев по обеим их сторонам. Погрешность обката может определяться как погрешность кинематической цепи деления зубообрабатывающего станка.

Радиальное биение зубчатого венца F_r — разность между действительными предельными положениями исходного контура. Радиальное биение венца не должно превышать допуска F_r , оно определяется на биениемере, как разность радиальных положений измерительного наконечника, выполненного по форме зуба или впадины рейки исходного контура (рис. 5, в) при установке его на все зубья или вводе во все впадины между зубьями.

Под исходным контуром колеса подразумевается контур зубьев рейки в нормальном к направлению зубьев сечении. Форма и размеры его должны соответствовать ГОСТ 13755—81 и 9587—81.

Колебание длины общей нормали F_{vw_r} — разность между наибольшей и наименьшей действительными длинами общей нормали в одном и том же зубчатом колесе (рис. 5, б). Действительная длина общей нормали W — это расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям зубьев зубчатого колеса. Длина общей нормали измеряется нормалем.

Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса F''_{ir} и на одном зубе f''_{ir} — это разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при двухпрофильном (безазорном) зацеплении измерительного (образцового) зубчатого колеса с контролируемым зубчатым колесом (рис. 5, г) при повороте последнего на полный оборот или соответственно на один угловой шаг (один зуб). При определении параметра F''_{ir} регистрируется перемещение оси с измерительным колесом при вращении контролируемого колеса на полный оборот. Полученный график позволяет определить также величину колебания измерительного межосевого расстояния на одном зубе f''_{ir} .

Кинематическая точность зубчатых колес контролируется в зависимости от их степени точности по одному из следующих комплексов показателей (см. рис. 3): F_{cr} и F_{pk_r} (3—6 степени точности); F_{cr} и F_{rr} или F_{vw_r} и F_{rr} (3—8 степени точности); F_{vw_r} и F''_{ir} или F_{cr} и F''_{ir} (5—8 степени точности). Колеса 9—12 степеней точности контролируют по одному из показателей точности F''_{ir} и F_{rr} .

ПЛАВНОСТЬ РАБОТЫ

Нормы плавности работы являются доминирующими для скоростных передач. Нарушение плавности работы передачи оценивается многократно изменяющимися колебаниями на диаграмме кинематической

погрешности, придающими ей волнообразный характер. Показатели плавности работы назначают с учетом *коэффициента осевого перекрытия* ε_p , под которым понимают отношение дуги зацепления (пути по начальной окружности проходимого профилем зуба во время фактического его зацепления) к шагу зацепления. Для плавности работы необходимо, чтобы значение коэффициента ε_p было большим единицы; в противном случае касание одной пары зубьев окончится раньше, чем вступит в зацепление следующая пара, в результате чего движение ведомого колеса будет прерывистым.

Комплексным показателем для передач 3–8-й степеней точности с коэффициентом ε_p , равным соответственно 1; 1,25; 2; 2,5 и 3, является *циклическая погрешность передачи* f_{zkr} — удвоенная амплитуда гармонической составляющей кинематической погрешности передачи. Серия гармоник, изображенная на рис. 4, з, получена при помощи анализатора из графика кинематической погрешности. Если все гармоники сложить, то снова получим график кинематической погрешности передачи.

Аналогично определяют циклическую погрешность колеса из графика кинематической погрешности колеса (рис. 4, д).

Циклической погрешностью зубцовой частоты в передаче f_{zzr} (или зубчатого колеса — f_{zzr}) называется циклическая погрешность передачи (колеса) с частотой повторений, равной частоте входа зубьев в зацепление. Эта погрешность ограничивается допуском f_{zzo} (для колеса f_{zz}).

Местной кинематической погрешностью передачи f'_{ior} (колеса f'_{ir}) называется наибольшая разность между местными соседними минимальными и максимальными значениями кинематической погрешности передачи (зубчатого колеса) за полный цикл изменения относительного положения зубчатых колес передачи (для колеса — в пределах одного его оборота).

Отклонение шага зацепления f_{pb} — разность между действительным и номинальными шагами зацепления (рис. 6, а). Действительный шаг зацепления — это кратчайшее расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум одноименным активным боковым поверхностям соседних зубьев зубчатого колеса. Отклонение шага ограничивается верхним и нижним предельным отклонениями ($\pm f_{pb}$) и измеряется при помощи шагомера (рис. 6, в).

Отклонение шага f_{pr} — это дискретное значение кинематической погрешности зубчатого колеса при его повороте на один номинальный угловой шаг (см. рис. 1). Этот параметр определяют на стационарных шагомерах при $k=1$.

Профиль зуба выполняют по кривой, названной эвольвентой. *Погрешность профиля зуба* f_{fr} — это расстояние по нормали между двумя ближайшими друг к другу номинальными торцовыми профилями зуба (т. е. эвольвентами), между которыми размещается действительный торцовый активный профиль зуба зубчатого колеса. Под действительным торцовым профилем зуба понимают линию пересечения действительной боковой поверхности зуба колеса в плоскости, перпенди-

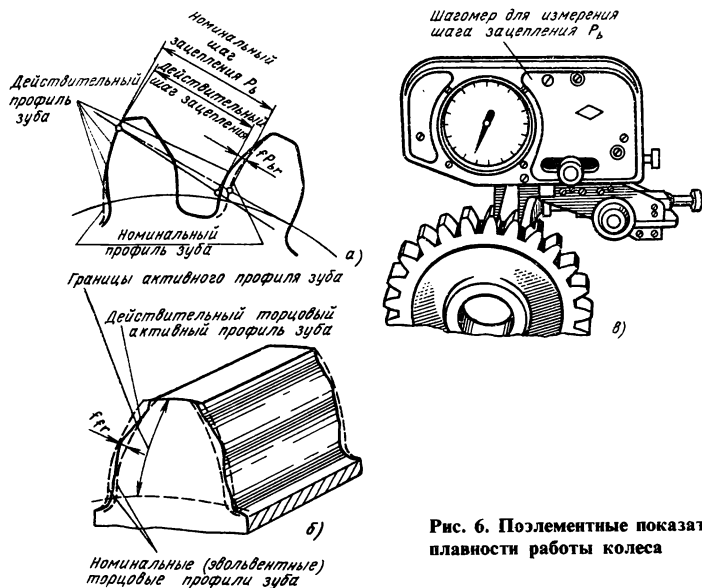


Рис. 6. Поэлементные показатели плавности работы колеса

кулярной его рабочей оси (рис. 6, б). Погрешность профиля зуба f_{fr} измеряют прибором, называемым эвольвентомером, при наладке технологического процесса изготовления колес или при контроле качества продукции.

Плавность работы зубчатых колес 3–8 степеней точности контролируют по одному из двух комплексов показателей точности: f_{Pbr} и f_{fr} или f_{Pbr} и f_{pir} .

Зубчатые колеса 9–12-й степеней точности могут контролироваться по одному из трех параметров: f'_{ir} , f_{Pbr} и f_{pir} .

КОНТАКТ ЗУБЬЕВ

Мгновенное пятно контакта — часть активной боковой поверхности зуба колеса передачи, на которой располагаются следы его прилегания к зубьям шестерни, покрытым тонким слоем красителя, после поворота колеса собранной передачи на полный оборот при легком торможении, обеспечивающем непрерывное контактирование зубьев обоих зубчатых колес.

Суммарное пятно контакта (рис. 7, а) — часть активной боковой поверхности зуба зубчатого колеса, на которой располагаются следы прилегания зубьев парного зубчатого колеса в собранной передаче после вращения под нагрузкой, заданной технической документацией. Величину пятна контакта оценивают относительными его размерами в процентах:

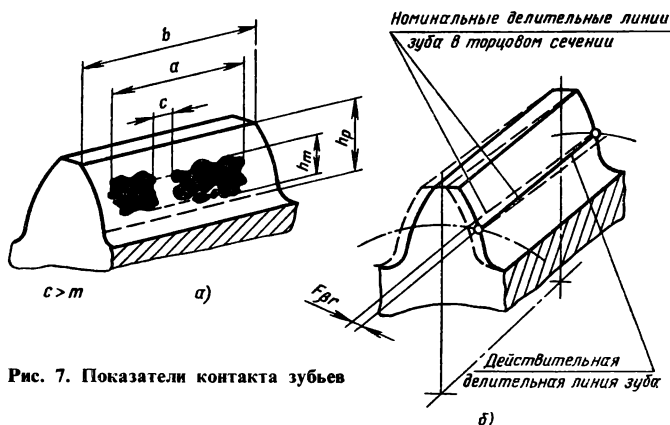


Рис. 7. Показатели контакта зубьев

по длине зуба — отношением расстояния a между крайними точками следов прилегания за вычетом разрывов c , превосходящих величину модуля в миллиметрах, к длине зуба b :

$$\frac{a - c}{b} 100\%; \quad (3)$$

по высоте зуба — отношение средней (по всей длине зуба) высоты следов прилегания h_m к высоте зуба соответствующей активной боковой поверхности h_p :

$$\frac{h_m}{h_p} 100\%. \quad (4)$$

Погрешность F_{β} направления зуба — расстояние между двумя ближайшими друг к другу номинальными делительными линиями зуба в торцовом сечении (рис. 7, б), между которыми размещается действительная делительная линия зуба, соответствующая рабочей ширине зубчатого венца. Действительная делительная линия зуба — это линия пересечения действительной боковой поверхности зуба зубчатого колеса делительным цилиндром, ось которого совпадает с рабочей осью колеса. Погрешность направления зуба ограничена допуском F_{β} .

Отклонение от параллельности осей f_{α} и перекося осей f_{γ} определяют на специальных стендах или при сборке передачи с применением поверочных контрольных приспособлений.

БОКОВОЙ ЗАЗОР

Показателями, обеспечивающими гарантированный боковой зазор для зубчатого колеса с внешними (внутренними) зубьями, являются:

наименьшее дополнительное смещение $-E_{Hs} (+E_{Hi})$ исходного контура;

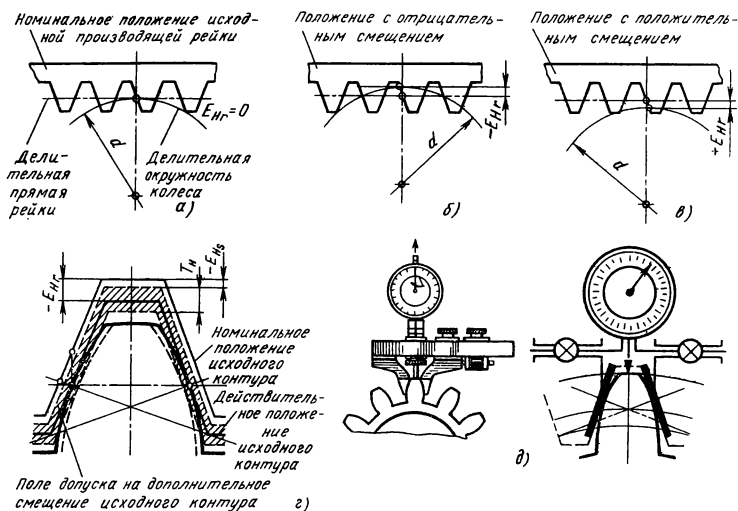


Рис. 8. Наименьшие дополнительные смещения исходного контура

наименьшее отклонение — E_{cs} толщины зуба;

наименьшее отклонение — $E_{Wms} (+ E_{Wmi})$ средней длины общей нормали;

наименьшее отклонение — $E_{Ws} (+ E_{Wi})$ длины общей нормали;

верхнее $+E_{a's} = +f_i'(-E_{a'i})$ и нижнее $-E_{a'i} = -T_H(+E_{a'i})$ предельные отклонения измерительного межосевого расстояния.

При нарезании зубчатых колес инструментами реечного типа форма профиля зуба и его толщина зависят от установки режущего инструмента по отношению к колесу. Зубчатое колесо получается со смещением исходного контура в том случае, когда его делительная окружность катится не по средней линии рейки (или по делительной поверхности исходного производящего колеса), а по параллельной ей линии. Расстояние по нормали между делительной окружностью колеса и средней линией исходной рейки называют *смещением* E_{Hr} исходного контура (рис. 8, а). Смещение исходного контура может быть отрицательным [делительная прямая исходного контура пересекает делительную окружность зубчатого колеса (рис. 8, б)] и положительным [делительная окружность колеса не пересекается делительной прямой исходного контура (рис. 8, в)]. Для обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора производится дополнительное смещение исходного контура от его номинального положения в тело зубчатого колеса на величину E_{Hr} . Наименьшее дополнительное смещение E_{Hs} исходного контура для зубчатого колеса с внешними зубьями берется со знаком «минус», а для колеса с внутренними зубьями E_{Hi} со знаком

2. Нормы бокового зазора. Наименьшее дополнительное смещение исходного контура $-E_{Hs}(+E_{Hi})^*$, мкм

Вид сопряжения	Степень точности колеса по нормам плавности	Делительный диаметр d , мм								
		До 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800
<i>H</i>	3-6	12	14	16	18	20	22	25	28	30
	7	14	16	18	20	22	25	28	30	35
<i>E</i>	3-6	30	35	40	46	52	57	63	70	80
	7	35	40	45	50	55	60	70	80	90
<i>D</i>	3-6	46	54	63	72	81	89	97	110	125
	7	50	60	70	80	90	100	110	120	140
	8	55	70	80	90	100	110	120	140	160
<i>C</i>	3-6	74	87	100	115	130	140	155	175	200
	7	80	100	110	120	140	160	180	200	220
	8	90	110	120	140	160	180	200	220	250
	9	100	120	140	160	180	200	220	250	280
<i>B</i>	3-6	120	140	160	185	210	230	250	280	320
	7	140	160	180	200	250	250	280	300	350
	8	140	160	200	220	250	280	300	350	400
	9	160	180	200	250	280	300	350	400	400
	10	160	200	220	250	300	350	350	400	450
	11	180	220	250	280	300	350	400	400	500
<i>A</i>	3-6	190	220	250	290	320	360	400	440	500
	7	200	250	280	300	350	400	450	500	550
	8	220	280	300	350	400	450	500	550	600
	9	250	280	350	400	400	500	500	600	700
	10	280	300	350	400	450	500	600	600	700
	11	280	350	400	450	500	550	600	700	800

* Для колеса с внешними зубьями E_{Hs} брать со знаком «минус», с внутренними зубьями E_{Hi} — со знаком «плюс».

«плюс» (табл. 2). На рис. 8,2 видно, что с увеличением смещения исходного контура зуб колеса становится тоньше, а зазор боковой передачи больше. На наименьшее смещение исходного контура, как и на любой линейный размер, назначается допуск T_H (табл. 3), показанный на рис. 8,2. Контроль дополнительного смещения исходного контура производится при помощи зубомера смещения, известного под названием тангенциальный зубомер (рис. 8, д).

Наименьшее дополнительное смещение исходного контура геометрически связано с толщиной зуба колеса, поэтому вместо параметра E_{Hs} можно использовать другой параметр — наименьшее отклонение E_{cr} толщины зуба (наименьшее предписанное уменьшение постоянной хорды, осуществляемое для обеспечения в передаче гарантированного зазора). На толщину зуба дается допуск T_c .

Наименьшим отклонением $+E_{W_i}$ длины общей нормали для колеса с внутренними зубьями (с внешними зубьями — E_{W_s}) называется наименьшее предписанное отклонение длины общей нормали, осуществляемое для обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора. Отклонение E_{W_r} длины общей нормали — это разность значений действительной W_n и номинальной длины общей нормали. Под номи-

3. Нормы бокового зазора. Допуск на смещение исходного контура T_H , мкм

Допуск на радиальное биение зубчатого венца F_r		Вид сопряжения						
		H, E	D	C	B	A	—	—
		Вид допуска						
Св.	До	h	d	c	b	a	z	y
—	8	28	35	45	55	70	90	110
8	10	30	40	50	60	80	100	120
10	12	35	40	55	70	80	100	140
12	16	40	45	60	70	90	110	140
16	20	40	55	70	80	100	120	160
20	25	45	60	80	90	110	140	180
25	32	55	70	90	100	140	160	200
32	40	60	80	100	120	160	180	250
40	50	70	90	120	140	180	220	280
50	60	80	100	140	180	200	250	350
60	80	110	140	180	200	250	300	400
80	100	120	160	200	250	300	350	500
100	125	160	200	250	300	350	450	600
125	160	200	250	300	400	450	550	700
160	200	250	300	400	500	550	700	900
200	250	300	350	500	600	700	900	1100
250	320	450	450	600	700	900	1100	1400
320	400	450	600	700	900	1100	1400	1600
400	500	550	700	900	1100	1400	1600	2000
500	630	700	900	1200	1400	1600	2000	2500
630	800	900	1200	1400	1800	2000	2500	3500

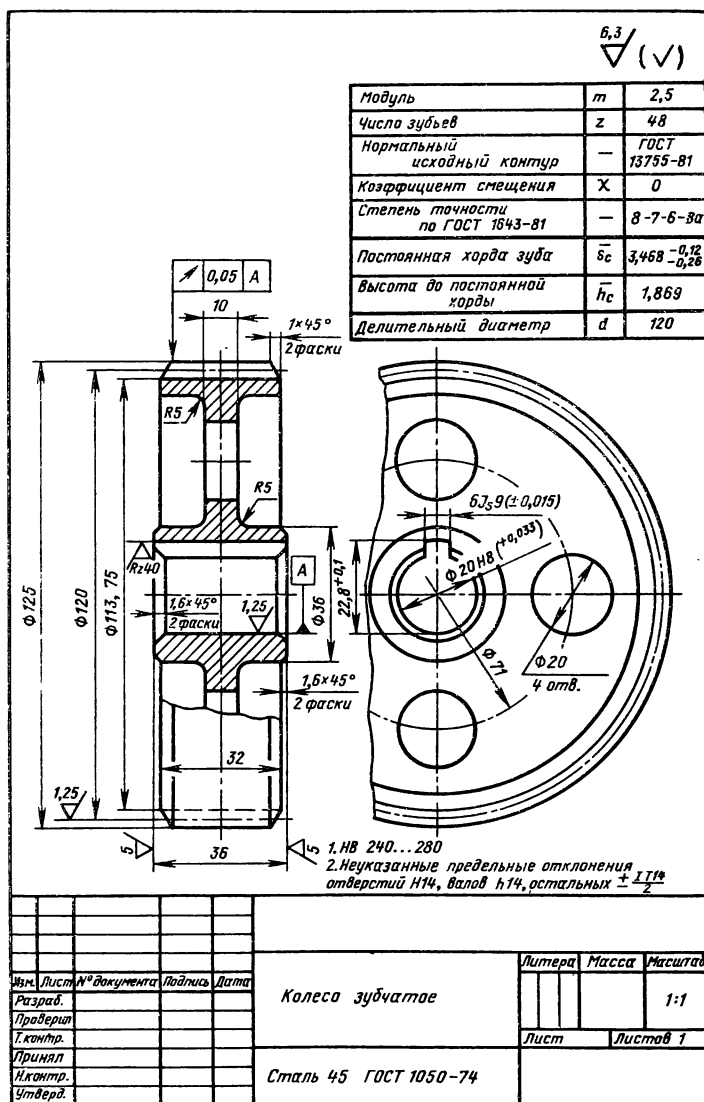


Рис. 9. Рабочий чертеж зубчатого колеса

нальной длиной общей нормали W понимают расчетную ее длину, соответствующую номинальному положению исходного контура.

Нормы бокового зазора могут быть установлены через *предельные отклонения* измерительного межосевого расстояния. Номинальное измерительное межосевое расстояние — это расчетное межосевое расстояние при двухпрофильном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемым зубчатым колесом, имеющим наименьшее дополнительное смещение исходного контура. Верхнее отклонение зубчатых колес с внешними зубьями обозначают $+E_{a''s}$ со знаком «плюс», а нижнее отклонение — $-E_{a''i}$ со знаком «минус». Соответственно для зубчатых колес с внутренними зубьями верхнее отклонение измерительного межосевого расстояния обозначают $-E_{a''s}$ со знаком минус, а нижнее отклонение — $+E_{a''s}$ со знаком «плюс». Верхнее отклонение $E_{a''s}$ (нижнее отклонение $E_{a''i}$) — это разность между допускаемым наибольшим (наименьшим) измерительным и номинальным межосевыми расстояниями (см. рис. 5, з).

Точность зубчатых колес и передач на чертеже обозначают степенью точности и видом сопряжения по нормам бокового зазора, например 7—С ГОСТ 1643—81 означает точность передачи 7-й степени точности по всем трем нормам с видом сопряжения зубчатых колес С и соответствием между видом сопряжения С и видом допуска с на боковой зазор, а также между видом сопряжения С и IV классом отклонений межосевого расстояния.

При комбинировании норм разных степеней точности и изменении соответствия между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния точность зубчатых колес и передач обозначают тремя цифрами и двумя буквами.

Первая цифра означает степень по нормам кинематической точности, вторая — степень по нормам плавности работы, третья — по нормам контакта зубьев: первая из букв — вид сопряжения, а вторая — вид допуска на боковой зазор.

Например, на чертеже (рис. 9) указана точность передачи со степенью 8 по нормам кинематической точности, со степенью 7 по нормам плавности, со степенью 6 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения В, видом а допуска на боковой зазор и соответствием между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния.

В случаях, когда на одну из норм не задана степень точности, взамен соответствующей цифры указывают букву N, например 8 — N — 7 — А.

При необходимости выбора более грубого класса отклонений межосевого расстояния, чем предусмотрено для данного вида сопряжения, в условном обозначении точности передачи указывают принятый класс и уменьшенный гарантированный боковой зазор, например 7—Са/V—128 ГОСТ 1643—81 (класс отклонений межосевого расстояния V при межосевом расстоянии передачи $a_w = 450$ мм и $j_{n\min} = 128$ мкм).

Глава 9

РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

Любая машина состоит из взаимозаменяемых изделий: деталей, сборочных единиц и комплектов. Для сборки и нормальной работы машины необходимо, чтобы каждая отдельная деталь занимала заданное ей положение относительно других деталей. Это обеспечивается расчетом размерных цепей, проводимым на стадии конструирования машин и проектирования технологических процессов и выборе средств и методов измерений на основе стандартов (табл. 1).

1. Стандарты на размерные цепи

Стандарт	Наименование
ГОСТ 16319—80	Цепи размерные. Основные положения. Термины, обозначения и определения
ГОСТ 16320—80	Цепи размерные. Расчет плоских цепей
ГОСТ 19415—74	Цепи размерные. Методы расчета коэффициентов относительной асимметрии и относительного рассеяния замыкающих звеньев

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Расчет размерных цепей позволяет определить оптимальные допуски размеров, под которыми понимают наибольшие по величине допуски, обеспечивающие заданную точность изделия, наивысшую надежность и наиминишую стоимость изготовления изделия.

Размерной цепью называется совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур. Например, поставленная задача для размерной цепи, состоящей из размеров A_1 , A_2 , A_3 и A_4 , образующих замкнутый контур (рис. 1, а), формулируется следующим образом: обеспечить совпадение оси заднего центра 3 токарного станка 1 с осью переднего центра 2 в вертикальной плоскости, т. е. определить расстояние A_4 между осями заднего и переднего центров токарного станка в вертикальной плоскости. Так как в рассматриваемой размерной цепи все размеры обозначены буквой A с индексом, то такая цепь называется размерной цепью A .

На рис. 1, б представлена размерная цепь β для решения задачи по обеспечению параллельности поверхностей 1 и 2 при сборке.

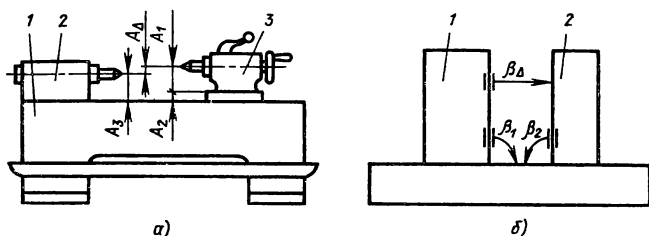


Рис. 1. Примеры размерных цепей

Размерная цепь — замкнутый контур из размеров, поэтому величина и допуск любого размера зависит от значения и точности остальных размеров. По аналогии с кинематической цепью, размеры, входящие в размерную цепь, называют звеньями. *Звено размерной цепи* — один из размеров, образующих размерную цепь. Звеньями могут быть линейные и угловые размеры, отклонения формы и расположения поверхностей, зазоры, натяги, расстояния между осями и т. п. На схемах размерных цепей звенья условно обозначаются следующим образом: линейные размеры — двухсторонней стрелкой (рис. 2, а), параллельность (рис. 2, б) и перпендикулярность (рис. 2, в) — односторонней стрелкой, направленной к базе.

Каждая размерная цепь состоит из одного замыкающего или исходного звена и нескольких составляющих звеньев. *Замыкающим звеном* называется звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения.

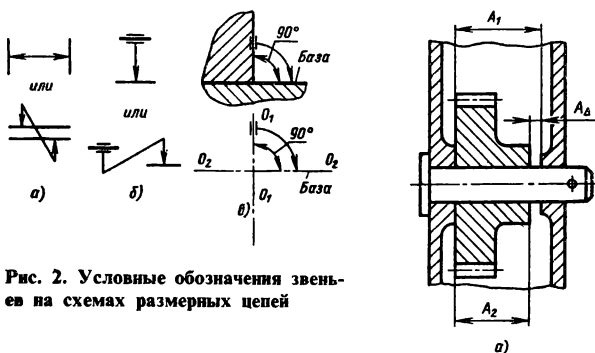
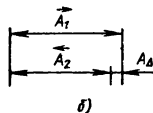


Рис. 2. Условные обозначения звеньев на схемах размерных цепей

Рис. 3. Редуктор (а) и его размерная цепь (б)



Составляющие звенья — звенья размерной цепи, функционально связанные с замыкающим звеном. Они могут быть увеличивающими или уменьшающими. *Увеличивающее звено* — составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается. *Уменьшающее звено* — составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается. На схеме размерной цепи увеличивающие звенья отличаются от уменьшающих направлением стрелок, проставляемых над буквенными обозначениями звеньев. Увеличивающие звенья имеют стрелки, направленные вправо ($\vec{A}_i$), а уменьшающие звенья — влево ($\overleftarrow{A}_i$). Замыкающее звено обозначают этой же буквой, но с индексом Δ , а составляющие звенья — индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена, например $A_1, \dots, A_5$ и т. д.

Пример 1. Для редуктора (рис. 3, а) построить схему размерной цепи, найти и обозначить на схеме замыкающее и составляющее звенья. Вычислить номинальный размер замыкающего звена, если $A_1 = 100$ мм, $A_2 = 99$ мм.

Составляем схему размерной цепи (рис. 3, б). Сначала изображаем звено A_Δ , которое при сборке получается последним (замыкающим звеном является зазор между торцовыми поверхностями зубчатого колеса и корпуса редуктора). Звено $\vec{A}_1$ является увеличивающим, так как с увеличением его размера замыкающее звено A_Δ увеличивается. Звено $\overleftarrow{A}_2$ — уменьшающее, так как с его увеличением замыкающее звено A_Δ уменьшается.

Номинальный размер замыкающего звена A_Δ определяют по схеме размерной цепи

$$A_\Delta = \vec{A}_1 - \overleftarrow{A}_2 = 100 - 99 = 1 \text{ мм.}$$

Номинальный размер замыкающего звена A_Δ равен разности номинальных размеров увеличивающего и уменьшающего звеньев размерной цепи.

Размерные цепи классифицируют по области применения (конструкторские, технологические и измерительные); месту в изделии (подетальные и сборочные) и расположению звеньев (линейные, угловые, плоские и пространственные), а также по ряду других признаков.

Конструкторская — размерная цепь, определяющая расстояние или относительный поворот между поверхностями или осями поверхностей деталей в изделии. Решается задача обеспечения точности при конструировании изделий.

Технологическая — размерная цепь, обеспечивающая требуемое расстояние или относительный поворот между поверхностями изготавливаемого изделия при выполнении операции или ряда операций сборки, обработки, при настройке станка или при расчете межпереходных размеров. Решается задача обеспечения точности при изготовлении изделий.

Измерительная — решается задача измерения величин, характеризующих точность изделий.

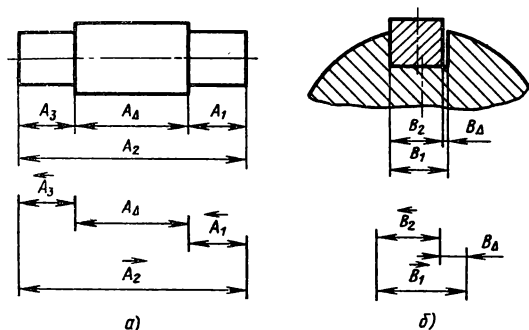


Рис. 4. Подетальная (а) и сборочная (б) размерные цепи

Подетальная (рис. 4, а) — размерная цепь, определяющая точность относительного положения поверхностей или осей одной детали.

Сборочная (рис. 4, б) — размерная цепь, определяющая точность относительного положения поверхностей или осей деталей, входящих в сборочную единицу (изделие).

Линейная (рис. 3 и 4) — размерная цепь, звеньями которой являются линейные размеры. Звенья параллельны друг другу.

Угловая — размерная цепь, звеньями которой являются угловые размеры.

Плоская — размерная цепь, звенья которой расположены в одной или нескольких параллельных плоскостях.

Пространственная — размерная цепь, звенья которой расположены в непараллельных плоскостях.

ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ *

При расчетах размерных цепей можно решать прямую и обратную задачи (табл. 2). При *решении прямой задачи*, исходя из установленных требований к замыкающему звену (должны быть известны его номинальный размер, допуск, верхнее и нижнее отклонения), определяют номинальные размеры, допуски (координаты середин полей допусков) и предельные отклонения всех составляющих размерную цепь звеньев.

Координата середины поля допуска i -го звена Δ_{0A_i} характеризует положение середины поля допуска относительно номинального размера звена A_i . Ее определяют по уравнению

$$\Delta_{0A_i} = \frac{\Delta_{вA_i} + \Delta_{нA_i}}{2}, \quad (1)$$

* В гл. 9 обозначения верхних и нижних отклонений звеньев даны по ГОСТ 16319—80, поэтому они отличаются от обозначений по ЕСДП.

2. Содержание задач, решаемых с помощью размерных цепей

Прямая задача	Обратная задача
Должно быть задано (или известно) для размерной цепи $A : m - 1$ — количество составляющих звеньев, в том числе n — количество увеличивающих звеньев цепи; $(m - 1 - n)$ — число уменьшающих звеньев в цепи; $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_{m-1}$ — номинальные размеры составляющих звеньев	
A_Δ — номинальный размер замыкающего звена размерной цепи; $\Delta_{вA_\Delta}$ и $\Delta_{нA_\Delta}$ — верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена; δA_Δ — допуск замыкающего звена; Δ_{0A_Δ} — координата середины поля допуска замыкающего звена	$A_{вA_1}, \dots, \Delta_{вA_{m-1}}$ и $\Delta_{нA_1}, \dots, \Delta_{нA_{m-1}}$ — верхнее и нижнее отклонения всех звеньев размерной цепи; $\delta A_1, \dots, \delta A_{m-1}$ — допуски звеньев; $\Delta_{0A_1}, \dots, \Delta_{0A_{m-1}}$ — координаты середин полй допусков звеньев
Требуется определить по формулам табл. 3	
$\delta A_1, \dots, \delta A_i, \dots, \delta A_{m-1}$ — допуски на каждое составляющее звено; $\Delta_{вA_1}, \dots, \Delta_{вA_{m-1}}$ и $\Delta_{нA_1}, \dots, \Delta_{нA_{m-1}}$ — верхнее и нижнее отклонение каждого составляющего звена; $\Delta_{0A_1}, \dots, \Delta_{0A_{m-1}}$ — координаты середин полй допусков составляющих звеньев размерной цепи	A_Δ — номинальный размер замыкающего звена; $\Delta_{вA_\Delta}, \Delta_{нA_\Delta}$ — верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена; δA_Δ — допуск замыкающего звена; Δ_{0A_Δ} — координату середины поля допуска замыкающего звена

где $\Delta_{вA_i}$ и $\Delta_{нA_i}$ — верхнее и нижнее предельные отклонения i -го составляющего звена размерной цепи A_i .

При решении обратной задачи, исходя из известных значений номинальных размеров, допусков, предельных отклонений (или координат середин полй допусков) составляющих звеньев, определяют номинальный размер, допуск, предельные отклонения (или координату середины поля допуска) замыкающего звена. Решением обратной задачи проверяют правильность решения прямой задачи.

Расчет размерных цепей является обязательным этапом конструирования изделий (машин), а также их производства и эксплуатации, позволяющим правильно назначить номинальные размеры, допуски и предельные отклонения звеньев размерной цепи, провести анализ правильности простановки размеров и отклонений на рабочих чертежах, обосновать последовательность выполнения технологических операций при изготовлении изделий, рассчитать точность технологической оснастки, выбрать средства и методы измерений и определить наиболее рентабельный вид взаимозаменяемости. Квалифицированный рабочий-машиностроитель при необходимости должен уметь проверить правильность простановки размеров и их отклонений на чертежах, т. е. решить элементарные задачи размерных цепей. Наиболее вероятно решение обратной задачи линейной размерной цепи.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Рассмотрим методику решения обратной задачи. Сначала формулируют задачу, решаемую с помощью размерной цепи, и выявляют замыкающее звено, а затем определяют все составляющие звенья размерной цепи, участвующие в решении поставленной задачи. Начиная с замыкающего звена, строят размерную цепь по часовой стрелке. Замкнутый контур из размеров звеньев заканчивают у противоположного конца замыкающего звена. Выявляют увеличивающие и уменьшающие звенья.

Расчет размерных цепей производят методом максимума-минимума и вероятностным методом. Расчетные формулы, применяемые при этом, приведены в табл. 3.

Метод максимума-минимума обеспечивает полную взаимозаменяемость, при этом учитывается, что при изготовлении и сборке изделий все звенья будут иметь наибольшие или наименьшие размеры при их самом невыгодном сочетании, например увеличивающие звенья с наибольшими размерами, а уменьшающие — с наименьшими или наоборот.

Вероятностный метод основан на теории вероятностей, когда оказывается экономически оправданным небольшой процент риска возможного выхода за установленные пределы допуска замыкающего звена у небольшого количества изделий (при 0,27 % риска из 1000 изделий могут выйти из поля допуска замыкающего звена всего 3 изделия).

Пример 2. При установке шпонки размеров $20h9_{(-0,052)}$ мм в паз вала размером $20H9_{(+0,052)}$ мм должен быть обеспечен зазор в пределах от 0 до 0,09 мм (рис. 4, б). Решить размерную цепь и убедиться, что заданный техническими условиями зазор при сборке деталей получится.

Размеры собираемых деталей образуют размерную цепь, изображенную на рис. 4, б. Звено $\vec{B}_1 = 20_{+0,052}$ мм является увеличивающим, а звено $\vec{B}_2 = 20_{-0,052}$ — уменьшающим. Звено B_Δ — зазор, получающийся последним при сборке деталей и является замыкающим звеном. Его номинальный размер согласно формуле (2)

$$B_\Delta = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i - \sum_{n+1}^{m-1} \vec{B}_i = \vec{B}_1 - \vec{B}_2 = 20 - 20 = 0 \text{ мм.}$$

Решение обратной задачи методом максимума-минимума. Находим верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена по формулам (3) и (5):

$$\Delta_{вB_\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta_{в\vec{B}_i} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{н\vec{B}_i} = \Delta_{в\vec{B}_1} - \Delta_{н\vec{B}_2} = +0,052 - (-0,052) = 0,104 \text{ мм;}$$

$$\Delta_{нB_\Delta} = \sum_{i=1}^n \Delta_{н\vec{B}_i} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{в\vec{B}_i} = \Delta_{н\vec{B}_1} - \Delta_{в\vec{B}_2} = 0 - 0 = 0 \text{ мм.}$$

3. Формулы, применяемые при расчете линейных размерных цепей A

Наименование и определение термина	Расчетная формула
A_{Δ} — номинальный размер замыкающего звена равен разности между суммой номинальных размеров увеличивающих звеньев $\vec{A}_i$ и суммой номинальных размеров уменьшающих звеньев $\vec{A}_i$	$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{n+1}^{m-1} \vec{A}_i \quad (2)$ $m-1$ — число составляющих звеньев; n — число увеличивающих звеньев; $m-1-n$ — число уменьшающих звеньев

Решение размерной цепи методом максимума-минимума

$\Delta_{вA_{\Delta}}$ — верхнее отклонение замыкающего звена равно разности между суммой верхних отклонений увеличивающих звеньев $\Delta_{в\vec{A}_i}$ и нижних отклонений уменьшающих звеньев $\Delta_{н\vec{A}_i}$	$\Delta_{вA_{\Delta}} = \sum_{i=1}^n \Delta_{в\vec{A}_i} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{н\vec{A}_i} \quad (3)$ или $\Delta_{вA_{\Delta}} = \Delta_{оA_{\Delta}} + \frac{\delta A_{\Delta}}{2} \quad (4)$
--	---

$\Delta_{нA_{\Delta}}$ — нижнее отклонение замыкающего звена равно разности между суммой нижних отклонений увеличивающих звеньев $\Delta_{н\vec{A}_i}$ и суммой верхних отклонений уменьшающих звеньев $\Delta_{в\vec{A}_i}$	$\Delta_{нA_{\Delta}} = \sum_{i=1}^n \Delta_{н\vec{A}_i} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{в\vec{A}_i} \quad (5)$ или $\Delta_{нA_{\Delta}} = \Delta_{оA_{\Delta}} - \frac{\delta A_{\Delta}}{2} \quad (6)$
--	---

δA_{Δ} — допуск замыкающего звена равен сумме допусков всех составляющих звеньев δA_i	$\delta A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta A_i \quad (7)$ или $\delta A_{\Delta} = \Delta_{вA_{\Delta}} - \Delta_{нA_{\Delta}} \quad (8)$
--	--

$\Delta_{оA_{\Delta}}$ — координата середины поля допуска замыкающего звена равна разности между суммой координат середин полей допусков увеличивающих звеньев $\Delta_{о\vec{A}_i}$ и суммой координат середин полей допусков уменьшающих звеньев $\Delta_{о\vec{A}_i}$	$\Delta_{оA_{\Delta}} = \sum_{i=1}^n \Delta_{о\vec{A}_i} - \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{о\vec{A}_i} \quad (9)$ или $\Delta_{оA_{\Delta}} = \frac{\Delta_{вA_{\Delta}} + \Delta_{нA_{\Delta}}}{2} \quad (10)$
--	---

* Допуск обозначен δ , правее указано звено размерной цепи, к которому он относится.

Продолжение табл. 3

Наименование и определение термина	Расчетная формула
Решение размерной цепи вероятностным методом	
δA_{Δ} — допуск замыкающего звена	$\delta A_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 \delta A_i^2} \quad (11)$
$\Delta_{вA_{\Delta}}$ — верхнее отклонение замыкающего звена	$\Delta_{вA_{\Delta}} = \Delta_{0A_{\Delta}} + t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 \left(\frac{\delta A_i}{2}\right)^2} \quad (12)$
$\Delta_{нA_{\Delta}}$ — нижнее отклонение замыкающего звена	$\Delta_{нA_{\Delta}} = \Delta_{0A_{\Delta}} - t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 \left(\frac{\delta A_i}{2}\right)^2} \quad (13)$

где t_{Δ} — коэффициент риска выбирают в зависимости от принятого риска P

Риск P , %	32	10	4,5	1,0	0,27	0,10	0,01
t_{Δ}	1	1,65	2	2,57	3	3,29	3,89

λ_i^2 — коэффициент, при законе нормального распределения $\lambda_i^2 = \frac{1}{9}$.

Определяем наибольшее $B_{\Delta \max}$ и наименьшее $B_{\Delta \min}$ значения замыкающего звена (зазора):

$$B_{\Delta \max} = B_{\Delta} + \Delta_{вB_{\Delta}} = 0 + 0,104 = 0,104 \text{ мм};$$

$$B_{\Delta \min} = B_{\Delta} + \Delta_{нB_{\Delta}} = 0 + 0 = 0 \text{ мм}.$$

Следовательно, при сборке деталей возможный зазор превосходит зазор (от 0 до 0,09 мм), установленный техническими требованиями, поэтому в рассматриваемой размерной цепи не обеспечивается полная взаимозаменяемость.

Решение обратной задачи вероятностным методом. Условимся считать, что рассеяние отклонений размеров подчиняется закону нормального распределения, а кривые распределения отклонений симметричны относительно середины полей допусков. Тогда коэффициент $\lambda_i^2 = 1/9$. Принимаем риск $P = 0,27\%$ и коэффициент риска $t_{\Delta} = 3$.

Вычисляем по формуле (11) допуск замыкающего звена δB_{Δ} :

$$\delta B_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 \delta B_i^2} = 3 \sqrt{\frac{1}{9} (\delta B_1^2 + \delta B_2^2)} = \sqrt{0,052^2 + 0,052^2} = 0,074 \text{ мм}.$$

Верхнее $\Delta_{вB_\Delta}$ и нижнее $\Delta_{нB_\Delta}$ отклонения замыкающего звена вычисляем по формулам (12) и (13) или (4) и (6)

$$\Delta_{вB_\Delta} = \Delta_{0B_\Delta} + \frac{\delta B_\Delta}{2} = +0,052 + \frac{0,074}{2} = +0,089 \text{ мм};$$

$$\Delta_{нB_\Delta} = \Delta_{0B_\Delta} - \frac{\delta B_\Delta}{2} = +0,052 - \frac{0,074}{2} = +0,015 \text{ мм},$$

где Δ_{0B_Δ} — координата середины поля допуска замыкающего звена, вычисленная по формуле (9):

$$\begin{aligned} \Delta_{0B_\Delta} &= \sum_{i=1}^n \Delta_{0B_i} - \sum_{j=1}^{m-1} \Delta_{0B_j} = \Delta_{0B_1} - \Delta_{0B_2} = +0,026 + (-0,026) = \\ &= +0,052 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Определяем наибольшее $B_{\Delta\max}$ и наименьшее $B_{\Delta\min}$ значения замыкающего звена:

$$B_{\Delta\max} = B_\Delta + \Delta_{вB_\Delta} = 0 + (+0,089) = 0,089 \text{ мм};$$

$$B_{\Delta\min} = B_\Delta + \Delta_{нB_\Delta} = 0 + (+0,015) = 0,015 \text{ мм}.$$

Вывод. Применение вероятностного расчета при решении обратной задачи размерной цепи позволяет в приведенном примере при неизменном допуске составляющих звеньев значительно расширить поле допуска замыкающего звена (зазор), при этом у 0,27% размерных цепей (т. е. у трех из тысячи) наибольшее $B_{\Delta\max}$ и наименьшее $B_{\Delta\min}$ значения замыкающего звена (зазора) могут быть не выдержаны, т. е. имеется возможность возникновения брака.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

При решении прямой задачи замыкающее звено является *исходным*. Его точность достигается пятью методами решения размерных цепей: 1) полной взаимозаменяемости; 2) неполной взаимозаменяемости (вероятностным методом); 3) групповой взаимозаменяемости или селективной сборки; 4) пригонки; 5) регулирования. Расчеты размерных цепей можно проводить как методом максимума-минимума, так и вероятностным методом.

Выбор метода достижения заданной точности замыкающего (исходного) звена осуществляется с учетом конструктивных и технологических особенностей изделия, его назначения, себестоимости изготовления и других факторов. Заданную точность замыкающего звена следует обеспечивать применением наиболее экономичных методов изготовления деталей в заданных производственных условиях. В первую очередь используют метод полной взаимозаменяемости и вероятностный метод. Если же применение указанных методов взаимозаменяемости экономически нецелесообразно или технологически не-

возможно, то используют другие методы достижения заданной точности замыкающего звена (регулирования, пригонки, групповой взаимозаменяемости).

При методе **полной взаимозаменяемости** требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех изделий путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их размеров.

Требуемое качество сборки обеспечивается непосредственным соединением сопрягаемых деталей и частей изделий, без пригонки, регулирования и подбора, т. е. без каких-либо дополнительных работ. При любом сочетании размеров сопрягаемых деталей, изготовленных в пределах расчетных допусков, требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех собираемых объектов. Расчет размерной цепи называют расчетом по максимуму и минимуму.

Преимуществами метода полной взаимозаменяемости являются упрощение организации поточной сборки; возможность широкого кооперирования заводов; упрощение изготовления и снабжения запасными частями и ремонта машин, находящихся в эксплуатации.

К *недостаткам* данного метода относится то, что допуски составляющих звеньев получаются меньшими, чем при применении всех остальных методов достижения точности замыкающего звена. Это может привести к высокой себестоимости изготовления точных сопрягаемых деталей, особенно у изделий с многозвенными размерными цепями и высокой точностью замыкающих звеньев.

Метод полной взаимозаменяемости обычно применяют при сборке изделий в массовом и серийном производстве, а также в единичном производстве при сборке стандартных деталей (крепежных деталей, подшипников качения и т. п.). Этот метод находит преимущественное применение при небольшом числе звеньев размерной цепи и достаточной величине допуска на замыкающее звено. В других случаях необходимая точность изготовления деталей может выйти за пределы не только экономической точности, но и технически достижимой точности. В этом случае следует проверить возможность использования других методов взаимозаменяемости.

Допуск замыкающего звена δA_Δ согласно формуле (7), равен сумме допусков δA_i всех составляющих звеньев. Поэтому для обеспечения небольшой величины δA_Δ необходимо, чтобы размерная цепь состояла из возможно меньшего числа звеньев. При этом процесс обработки и сборки деталей должен быть построен таким образом, чтобы в качестве замыкающего звена было менее ответственное звено с наибольшей погрешностью.

Допуски составляющих звеньев при заданном допуске замыкающего звена рассчитывают следующими способами.

Способ равных допусков. По заданной величине допуска δA_Δ замыкающего звена на все $m - 1$ составляющие звенья размерной цепи назначают одинаковые допуски

$$\delta A_i = \delta A_\Delta / (m - 1) \quad (14)$$

Обычно найденные значения допуска δA_i корректируют для некоторых составляющих звеньев, учитывая их конструкцию, размеры и технологические трудности изготовления. Однако после корректировки допусков должно выполняться уравнение (7).

Способ равных допусков применяют при предварительном назначении допусков на составляющие звенья.

Способ допусков одного качества точности. На все составляющие звенья допуски принимают по одному качеству точности. Определение этого качества проводят по числу единиц допуска, вычисляемому по формуле (15) и табл. 2 гл. 2:

$$a_c = \delta A_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} i}, \quad (15)$$

где δA_{Δ} — допуск замыкающего звена, мкм; i — единица допуска составляющего звена, вычисляемая по формулам (2) и (3) гл. 2.

По найденному качеству точности из табл. 4 гл. 2 выписывают и назначают допуски на каждое составляющее звено. При правильном назначении допусков на составляющие звенья должно удовлетворяться равенство (7). В противном случае производят корректировку допусков.

Если допуск замыкающего звена меньше суммы допусков составляющих звеньев, то для одного или нескольких звеньев уменьшают допуск. Наоборот, допуск увеличивают для одного или нескольких звеньев, которые являются технологически трудными в изготовлении, если допуск замыкающего звена оказался больше суммы допусков составляющих звеньев.

Предельные отклонения для охватывающих размеров (увеличивающих звеньев) назначают как для основных отверстий (табл. 7 гл. 2), а для охватываемых размеров (уменьшающих звеньев) — как для основных валов (табл. 12 гл. 2). Правильность назначения предельных отклонений составляющих звеньев проверяют по формулам (3)–(6) табл. 3.

Способ назначения допусков одного качества точности является более обоснованным по сравнению со способом равных допусков.

Пример 3. Для редуктора, размеры деталей которого образуют размерную цепь A (рис. 5) зазор между торцами вала и втулки (замыкающее звено A_{Δ}) должен находиться в пределах от $A_{\Delta \min} = 1$ мм до

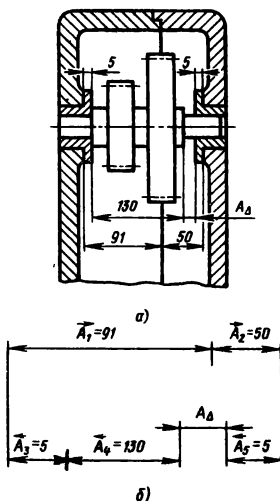


Рис. 5. Эскиз узла (а) и его размерная цепь (б)

$A_{\Delta \max} = 1,78$ мм. Назначить допуски и предельные отклонения на составляющие звенья способом одного квалитета точности.

Строим размерную цепь (рис. 5, б) и выявляем, что увеличивающими звеньями будут $\bar{A}_1$ и $\bar{A}_2$, а уменьшающими — $\bar{A}_3$, $\bar{A}_4$ и $\bar{A}_5$.

Номинальный размер замыкающего звена A_{Δ} определяем по формуле (2) табл. 3:

$$\begin{aligned} A_{\Delta} &= \sum_{i=1}^n \bar{A}_i - \sum_{n+1}^{m-1} \bar{A}_i = (\bar{A}_1 + \bar{A}_2) - (\bar{A}_3 + \bar{A}_4 + \bar{A}_5) = \\ &= (91 + 50) - (5 + 130 + 5) = 1 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Верхнее $\Delta_{вA_{\Delta}}$ и нижнее $\Delta_{нA_{\Delta}}$ отклонения замыкающего звена:

$$\Delta_{вA_{\Delta}} = A_{\Delta \max} - A_{\Delta} = 1,78 - 1 = +0,78 \text{ мм;}$$

$$\Delta_{нA_{\Delta}} = A_{\Delta \min} - A_{\Delta} = 1 - 1 = 0 \text{ мм.}$$

Допуск замыкающего звена

$$\delta A_{\Delta} = A_{\Delta \max} - A_{\Delta \min} = 1,78 - 1 = 0,78 \text{ мм (780 мкм).}$$

Определяем среднее число единиц допуска по формуле (15)

$$a_c = \frac{\delta A_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} i} = \frac{780}{2,17 + 1,56 + 2 \cdot 0,73 + 2,52} \approx 100.$$

Согласно табл. 2 гл. 2 найденному среднему числу единиц допуска соответствует 11-й квалитет точности. По табл. 4 гл. 2 находим допуски для составляющих звеньев:

$$\delta A_1 = 220 \text{ мкм; } \delta A_2 = 160 \text{ мкм;}$$

$$\delta A_3 = \delta A_5 = 75 \text{ мкм; } \delta A_4 = 250 \text{ мкм.}$$

Назначим предельные отклонения составляющих звеньев:

$$\bar{A}_1 = 91^{+0,22} \text{ мм; } \bar{A}_2 = 50^{+0,16} \text{ мм; } \bar{A}_3 = \bar{A}_5 = 5_{-0,075} \text{ мм}$$

$$\text{и } \bar{A}_4 = 130_{-0,25} \text{ мм.}$$

Проверку решения задачи проводим по формулам (3) и (5) табл. 3:

$$\begin{aligned} \Delta_{вA_{\Delta}} &= (\Delta_{вA_1} + \Delta_{вA_2}) - (\Delta_{нA_3} + \Delta_{нA_4} + \Delta_{нA_5}) = \\ &= (+0,22 + 0,16) - (-0,075 - 0,25 - 0,075) = +0,78 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\Delta_{нA_{\Delta}} = (\Delta_{нA_1} + \Delta_{нA_2}) - (\Delta_{вA_3} + \Delta_{вA_4} + \Delta_{вA_5}) = (0 + 0) - (0 + 0 + 0) = 0 \text{ мм.}$$

Задача решена правильно.

Способ пробных расчетов. Допуски на составляющие звенья назначают экономически целесообразными с учетом вида производства, конструктивных и технологических требований. Назна-

ченные допуски корректируются до тех пор, пока не будет удовлетворено равенство (7) табл. 3.

При методе **неполной взаимозаменяемости** требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у заранее обусловленной части объектов путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

При методе неполной взаимозаменяемости сборка деталей осуществляется без их пригонки, выбора, подбора или регулирования, при этом требуемая точность замыкающего звена достигается не у всех собираемых изделий. Процент изделий, у которых замыкающее звено выходит за пределы требуемого допуска, принимают обычно не более 1 %. Расчет размерных цепей при методе неполной взаимозаменяемости проводят вероятностным методом.

Преимущества данного метода такие же, как и у метода полной взаимозаменяемости. Кроме того, применение метода неполной взаимозаменяемости позволяет расширить допуски на составляющие звенья (для малозвенных цепей на 30–40 %, для многозвенных цепей в 2 раза и более). Это значительно снижает себестоимость изготовления изделий и упрощает их сборку.

При этом расширение допусков на составляющие звенья тем значительней, чем большее число звеньев и процент риска P (т. е. возможный процент выхода значения замыкающего звена за установленные пределы).

К **недостаткам** метода неполной взаимозаменяемости относятся дополнительные затраты на замену или подгонку некоторых деталей тех изделий, у которых значения замыкающих звеньев вышли за установленные пределы. Однако эти затраты обычно малы по сравнению с экономией труда и средств, получаемых при изготовлении деталей с более широкими допусками. Метод неполной взаимозаменяемости обычно применяют в серийном и массовом производстве при малой величине допуска замыкающего звена и относительно большом числе составляющих звеньев.

Вероятностный метод расчета размерных цепей основан на том, что отклонения размеров в основном группируются около середины поля допуска, и сочетания деталей с такими отклонениями происходят наиболее часто. Поэтому маловероятно, что в процессе обработки или сборки возможно одновременное сочетание наибольших увеличивающих и наименьших уменьшающих размеров или обратное их сочетание.

Характер рассеяния размеров деталей в партии приблизительно можно описать соответствующим теоретическим законом рассеяния (нормальный закон, законы равной вероятности, Симпсона, Максвелла и др.).

Наиболее часто рассеяние значений случайной величины подчиняется *нормальному закону рассеяния* — *закону Гаусса* (рис. 6, а). Приближенно этому закону может подчиниться рассеяние погрешностей изготовления деталей, измерения линейных и угловых размеров, погрешно-

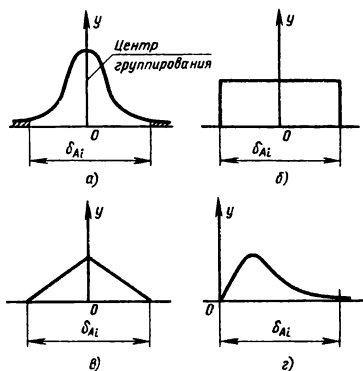


Рис. 6. Кривые рассеяния действительных размеров по законам Гаусса (а), равной вероятности (б), Симпсона (в), Максвелла (г)

стей массы деталей, величин твердости и других механических и физических величин, характеризующих свойства материала.

Законом равной вероятности (рис. 6, б) можно приблизительно описать рассеяние размеров детали, если среди причин, вызывающих погрешности, имеется одна, резко доминирующая по силе воздействия и равномерно изменяющаяся во времени (например, значительное влияние износа режущего инструмента и др.).

Закоу Симпсона (закону треугольника) соответствует случай, когда осуществляется суммирование (сочетание) двух независимых случайных величин,

распределение размеров которых подчиняется закону равной вероятности (рис. 6, в).

Закоу Максвелла или закону эксцентриситета может соответствовать рассеяние значений эксцентриситетов, несоосности, радиального и торцового биений, отклонения от параллельности или перпендикулярности двух плоскостей (или оси и плоскости), неуравновешенности и других подобных величин, которые могут иметь только положительное значение (рис. 6, г).

Если распределение действительных размеров подчиняется закону Гаусса, центр группирования отклонений совпадает с серединой поля допуска, в поле рассеяния погрешностей — с величиной допуска, то допуск замыкающего звена δA_Δ можно рассчитать по формуле

$$\delta A_\Delta = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \delta^2 A_i} \quad (16)$$

Согласно формуле (16) допуск замыкающего звена определяют путем квадратического суммирования допусков составляющих звеньев.

Если распределение действительных размеров не подчиняется закону Гаусса, а рассеяние размеров не совпадает с полем допуска замыкающего звена, то допуск замыкающего звена при заданном проценте риска P рассчитывают по формуле (11) табл. 3.

При наличии фактических данных о законе распределения отклонений значение коэффициента λ^2 рассчитывают по ГОСТ 19415—74.

Допуски составляющих звеньев при заданном допуске замыкающего звена рассчитывают так же, как и при методе полной взаимозаменяемости тремя способами.

Способ равных допусков. Одинаковый допуск δA_i на все $m - 1$ составляющих звеньев определяется по заданной величине допуска δA_Δ замыкающего звена:

$$\delta A_i = \frac{\delta A_\Delta}{t_\Delta \sqrt{\lambda_i^2 (m - 1)}}. \quad (17)$$

Способ допусков одного качества точности. Число единиц допуска (для размеров от 1 до 500 мм) находят по формуле

$$a_c = \frac{\delta A_\Delta}{t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 i^2}}. \quad (18)$$

Пример 4. Решить пример 3 вероятностным методом, приняв $P = 0,27\%$, $t_\Delta = 3$, $\lambda_i^2 = 1/9$.

По формуле (18) определяем число единиц допуска

$$a_c = \frac{780}{3 \sqrt{\frac{1}{9} (4,71 + 2,43 + 0,53 + 6,35 + 0,53)}} = 204.$$

Согласно табл. 2 гл. 2 выбираем 12-й квалитет точности для всех составляющих звеньев, за исключением звена A_4 , для которого назначаем 13-й квалитет. По табл. 4 гл. 2 допуски составляющих звеньев будут равны:

$$\delta A_1 = 350 \text{ мкм}; \delta A_2 = 250 \text{ мкм};$$

$$\delta A_3 = \delta A_5 = 120 \text{ мкм}; \delta A_4 = 630 \text{ мкм}.$$

Сопоставляя назначенные допуски методом максимума-минимума и вероятностным методом, видно, что при небольшом риске выхода за пределы допуска замыкающего звена при вероятностном расчете возможно расширение допусков составляющих звеньев примерно в 2 раза по сравнению с расчетом по методу максимума-минимума.

При методе групповой взаимозаменяемости требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается за счет включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к одной из групп, на которые они предварительно рассортированы. Сущность данного метода заключается в том, что после изготовления сопрягаемых деталей со сравнительно широкими технологически выполненными допусками δA_i , их затем сортируют на равное число n групп с более узкими групповыми допусками $\delta A_{гр. i}$. При сборке соединяют детали соответствующих (одинакового номера) групп в целях получения размера замыкающего звена в заданных пределах. Такую сборку называют селективной.

Число групп $n_{гр.}$ на которые рассортировывают детали, при заданном допуске δA_Δ замыкающего (исходного) звена определяют по формуле

$$n_{\text{гр}} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} \delta A_i}{\delta A_{\Delta}}. \quad (19)$$

Групповой допуск

$$\delta A_{\text{Гри}} = \delta A_i / n_{\text{гр}}.$$

При решении размерной цепи методом групповой взаимозаменяемости рекомендуется соблюдать равенство сумм допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев:

$$\sum_{i=1}^n \delta \tilde{A}_i = \sum_{n+1}^{m-1} \delta \tilde{A}_i; \quad \sum_{i=1}^n \delta \tilde{A}_{\text{Гри}} = \sum_{n+1}^{m-1} \delta \tilde{A}_{\text{Гри}}. \quad (20)$$

Метод групповой взаимозаменяемости применяют в тех случаях, когда конструктивные допуски меньше технологических, т. е. когда средняя точность размеров цепи получается очень высокой и экономически неприемлемой. Расчет размерной цепи обычно выполняют по методу максимума-минимума. Детали на размерные группы сортируют с помощью специальных инструментов (ступенчатых калибров) и высокопроизводительных полуавтоматов и автоматов. При этом детали каждой размерной группы обычно маркируют и доставляют на сборку в особой таре.

К *преимуществам метода групповой взаимозаменяемости* относится возможность достижения высокой точности замыкающего звена при экономически целесообразных производственных допусках размеров составляющих звеньев.

К *недостаткам* относится увеличение незавершенного производства; дополнительные затраты на проверку, сортировку и маркировку деталей; повышение трудоемкости сборки; некоторое усложнение процесса сборки и хранения деталей до сборки; усложнение снабжения запасными частями.

Метод групповой взаимозаменяемости обычно применяют в массовом и крупносерийном производстве для малозвенных (3–4 звена) размерных цепей при сборке соединений высокой точности, когда дополнительные затраты на сортировку, маркировку, сборку и хранение деталей по группам окупаются высоким качеством изделий. Его применяют при сборке подшипников качения, резьбовых соединений, соединений палец – отверстие поршня, палец – отверстие верхней головки шатуна двигателя внутреннего сгорания и т. п.

При производстве прецизионных подшипников качения, сборке ответственных резьбовых соединений с натягом селективная сборка является единственным экономически целесообразным методом обеспечения требуемой точности. Следует учитывать, что групповой допуск при большом числе групп изменяется незначительно, в то же время организация контроля и сложность сборки могут значительно возрасти. Поэтому практически число групп сортировки n не превышает пяти.

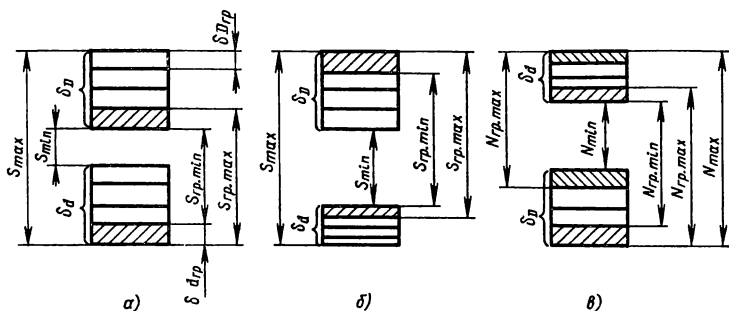


Рис. 7. Схемы сортирования деталей на группы:

а — при $\delta D = \delta d$; б — при $\delta D < \delta d$ (с зазором); в — при $\delta D < \delta d$ (с натягом)

Однако в подшипниковой промышленности при сортировании тел качения число n достигает 10 и более.

Для уменьшения объема незавершенного производства, образующегося при селективной сборке, необходимо, чтобы распределение действительных размеров соединяемых деталей происходило по одинаковым законам, например закону Гаусса. При разных законах рассеяния погрешностей количество собираемых деталей в одноименных группах будет различным. В результате этого могут оставаться неукомплектованными детали, для которых необходимо изготавливать соответствующие сопрягаемые детали. Одинаковое рассеяние размеров деталей хорошо достигается обработкой деталей способом автоматического получения размеров на предварительно настроенном станке.

На рис. 7 показаны поля допусков отверстий δD и валов δd , образующих трехзвенную размерную цепь, в которой замыкающим звеном является зазор S (рис. 7, а и б) или натяг N (рис. 7, в).

Для определения числа групп n сортирования обычно задают требуемые величины минимального зазора $S_{\min}$ или максимального натяга $N_{\max}$ (исходя из условий обеспечения оптимальной надежности соединения) или допустимые значения групповых допусков $\delta D_{\text{гр}}$ и $\delta d_{\text{гр}}$ (исходя из экономической точности сборки и сортировки деталей).

Если допуски охватывающей δD и охватываемой δd деталей равны, то групповой зазор или натяг остаются постоянными при переходе от одной группы к другой (рис. 7, а). Для повышения надежности соединений с зазором и с натягом необходимо создавать соответственно наименьший допустимый зазор $S_{\min}$ и наибольший допустимый натяг $N_{\max}$. Число групп сортирования n можно рассчитать по следующим уравнениям:

при заданном минимальном групповом зазоре (рис. 7, а)

$$S_{\text{гр min}} = S_{\min} + \delta d - \frac{\delta d}{n};$$

при заданном максимальном групповом натяге (рис. 7, в)

$$N_{гр\max} = N_{\max} - \delta D + \frac{\delta D}{n};$$

при заданной величине группового допуска $\delta D'_{гр}$ или $\delta d_{гр}$

$$n = \frac{\delta D}{\delta D_{гр}}; \quad n = \frac{\delta d}{\delta d_{гр}}.$$

При $\delta D = \delta d$

$$n = \frac{\delta D}{\delta D_{гр}} = \frac{\delta d}{\delta d_{гр}}. \quad (21)$$

При $\delta D > \delta d$ (рис. 7, б, в) групповой зазор (или натяг) при переходе от одной группы к другой изменяется, поэтому однородность соединений не обеспечивается. Следовательно, селективную сборку целесообразно выполнять при $\delta D = \delta d$.

При методе пригонки требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением размера компенсирующего звена путем удаления с компенсатора определенного слоя материала. В данном случае требуемая точность замыкающего размера A_Δ (рис. 8, а) достигается при сборке за счет пригонки заранее намеченной детали 1 (компенсатора), которая имеет припуск 2 на пригонку, достаточный для компенсации величины выхода замыкающего звена за установленные пределы. Величину необходимого припуска на пригонку определяют расчетом, предварительной сборкой и измерениями. При методе пригонки расчет размерных цепей проводят методом максимума-минимума и вероятностным методом.

К *преимуществам* способа пригонки относится то, что на составляющие звенья могут быть установлены экономически целесообразные допуски для данных условий производства. К *недостаткам* относится то, что значительно увеличиваются трудоемкость и себестоимость сборки, усложняются планирование производства и снабжение запасными частями. Поэтому метод пригонки обычно применяют

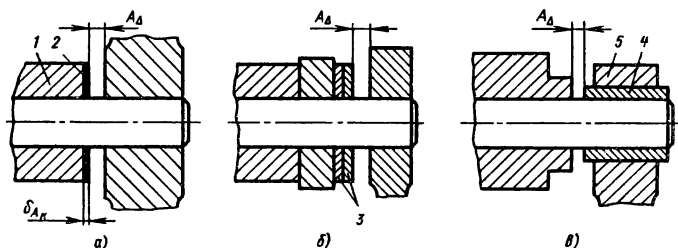


Рис. 8. Узлы с неподвижным (б) и подвижным (в) компенсаторами и деталью, пригоняемой по толщине (а)

только в единичном и мелкосерийном производстве, когда нельзя использовать другие методы достижения точности замыкающего звена.

Пригонку выполняют шлифовкой, подрезкой, припиливанием, шибрением, притиркой, а также совместной обработкой сопрягаемых поверхностей деталей (например, растачиванием или развертыванием отверстий для обеспечения их соосности после сборки). Уменьшение трудоемкости пригоночных работ достигается за счет соответствующих конструктивных мероприятий (например, применения упругих разрезных колец, пластически деформируемых распорных втулок, овальных отверстий под крепежные детали и т. п.).

Для пригонки могут быть выбраны детали, размеры которых являются составляющими звеньями размерной цепи, или дополнительно вводимые в размерную цепь детали при условии выполнения равенства (2) табл. 3. В последнем случае размеры одного или нескольких составляющих звеньев соответственно корректируются.

Наибольшую возможную величину компенсации δA_k (рис. 8, а) рассчитывают по формуле

$$\delta A_k = \delta' A_\Delta - \delta A_\Delta, \quad (22)$$

где $\delta' A_\Delta$ — производственный допуск замыкающего звена размерной цепи A , который устанавливается экономически целесообразным для данного производства.

Для создания на компенсирующем звене 1 необходимого для пригонки слоя материала 2 в координату середины поля допуска Δ_{0A_k} компенсирующего звена нужно ввести поправку Δ_k ,

$$\Delta_k = \frac{\delta A_k}{2} + \Delta'_{0A_\Delta} - \Delta_{0A_\Delta}, \quad (23)$$

где Δ_{0A_Δ} и Δ'_{0A_Δ} — соответственно координаты середины поля допуска замыкающего звена δA_Δ и производственного допуска $\delta' A_\Delta$ замыкающего звена размерной цепи A .

При методе регулирования требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением размера компенсирующего звена без удаления материала с компенсатора. Точность замыкающего звена при сборке обеспечивается или за счет применения специальных конструкций компенсаторов, с помощью которых возможно осуществление непрерывных или периодических перемещений деталей по резбе, клинью, коническим и цилиндрическим поверхностям и т. д., или за счет подбора сменных деталей типа прокладок, шайб, колец, втулок.

При методе регулирования заданная точность при сборке деталей достигается изменением (регулированием) величины одного из заранее выбранных составляющих размеров, называемого *компенсирующим*. При этом все остальные детали обрабатывают по расширенным допускам, экономически обоснованным для данного вида производства. При методе регулирования расчет размерной цепи проводят методом максимума-минимума или вероятностным методом.

К *преимуществам* метода регулирования относятся возможность назначения: экономически целесообразных допусков на составляющие звенья; регулирование величины замыкающего звена не только при сборке, но и в процессе эксплуатации изделий (например, для компенсации износа); обеспечения в ряде случаев автоматического регулирования точности изделий. К *недостаткам* данного метода относятся возможное усложнение конструкции изделий и увеличение количества деталей; увеличение трудоемкости сборки из-за необходимости проведения регулирования и измерений.

Метод регулирования широко применяют в различных видах производства, особенно когда необходимо достичь высокую точность изделия и поддерживать ее в процессе эксплуатации при расширенных допусках размеров деталей. Данный метод применяется, например, для обеспечения незначительных осевых перемещений вращающихся деталей (червяков, шпинделей станков, валов с зубчатыми колесами); достижения параллельности оси вала и плоскости; выдерживания минимального зазора между опорами и шейками шпинделей станков и т. д.

При методе регулирования требуемая точность замыкающего звена достигается применением *неподвижных и подвижных компенсаторов*. В качестве неподвижных компенсаторов применяют наборы сменных прокладок, шайб, колец, втулок и т. п. Пример использования неподвижных компенсаторов приведен на рис. 8,б, где требуемый зазор A_{Δ} достигается подбором необходимого числа компенсирующих шайб 3.

В качестве подвижных компенсаторов применяют устройства и детали, за счет регулирования положения (перемещения или поворота) которых достигается необходимая точность. Пример использования подвижного компенсатора показан на рис. 8,в, где заданный зазор A_{Δ} обеспечивается за счет запрессовки втулки 4 в отверстие детали 5.

Наибольшая величина компенсации δA_K при методе регулирования определяется по формуле (22). При этом число ступеней неподвижных компенсаторов N рассчитывают по формуле

$$N = \frac{\delta' A_{\Delta}}{\delta A_{\Delta} - \delta A_K}, \quad (24)$$

где δA_K — допуск на изготовление неподвижного компенсатора размерной цепи A .

ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ ОТВЕРСТИЙ ПОД КРЕПЕЖНЫЕ ДЕТАЛИ

Допуски расположения осей сквозных отверстий для крепежных деталей (болтов, винтов, шпилек и т. д.) задают двумя способами: позиционными допусками осей отверстий и предельными отклонениями размеров, координирующих оси отверстий.

Позиционное отклонение и позиционный допуск — условные названия отклонения и допуска на смещение оси или плоскости симметрии относительно их номинального расположения в пределах нормированного участка. В соответствии с ГОСТ 24642—81 позиционным отклонением называется наибольшее расстояние между реальным расположением элемента (его оси, центра, или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка. Позиционный допуск задается в диаметральном (удвоенное наибольшее допускаемое значение позиционного отклонения элемента) или в радиусном выражении (наибольшее допускаемое значение позиционного отклонения элемента).

Различают два типа соединения крепежных деталей: *A* — соединение болтами и заклепками, когда в обоих соединяемых деталях имеются сквозные отверстия для прохождения крепежной детали с гарантированным диаметральным зазором S (рис. 1, *a*); *B* — соединение винтами и шпильками, в котором сквозные отверстия под проход крепежной детали имеются в одной из соединяемых деталей, например в первой детали, а во второй детали выполнены резьбовые отверстия (рис. 1, *b*).

Диаметры сквозных отверстий под болты, винты, шпильки и заклепки с диаметрами стержней от 1,0 до 60 мм приведены в табл. 1.

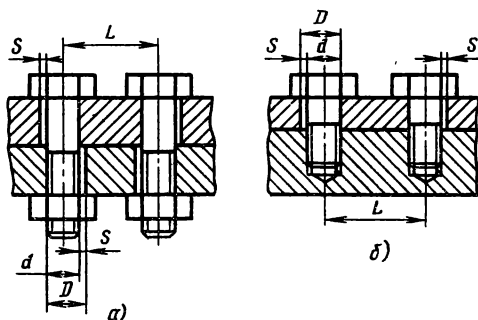


Рис. 1. Тип соединений крепежных деталей

1. Диаметры D сквозных отверстий для стержней крепежных деталей диаметром d по ГОСТ 11284—75 (СТ СЭВ 2515—80), мм

d	D			d	D			d	D		
	Ряды				Ряды				Ряды		
1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1,0	1,1	1,2	1,3	4,5	4,8	5	5,3	24	25	26	28
1,2	1,3	1,4	1,5	5	5,3	5,5	5,8	27	28	30	32
1,4	1,5	1,6	1,8	6	6,4	6,6	7	30	31	33	35
1,6	1,7	1,8	2	7	7,4	7,6	8	33	34	36	38
1,8	2	2,1	2,2	8	8,4	9	10	36	37	39	42
2	2,2	2,4	2,6	10	10,6	11	12	39	40	42	45
2,5	2,7	2,9	3,1	12	13	14	15	42	43	45	48
3	3,2	3,4	3,6	14	15	16	17	45	46	48	52
3,5	3,7	3,9	4,2	16	17	18	19	48	50	52	56
4	4,3	4,5	4,8	18	19	20	21	52	54	56	62
—	—	—	—	20	21	22	24	56	58	62	66
—	—	—	—	22	23	24	26	60	62	66	70

Примечание. Для заклепочных соединений 3-й ряд отверстий применять не допускается. Предельные отклонения диаметров сквозных отверстий для 1-го ряда по $H12$; для 2-го ряда по $H13$ и 3-го ряда по $H14$; 1-й ряд сквозных отверстий под крепежные детали рекомендуется для соединений типа А и В при обработке отверстий с применением кондукторов.

Допуски расположения осей сквозных отверстий рекомендуется назначать зависимыми, а резьбовых отверстий (соединение типа В) зависимыми для малонагруженных винтов и независимыми для шпилек и тяжело нагруженных винтов.

Допуски расположения T осей отверстий под крепежные детали при обеспечении взаимозаменяемости рассчитаны по формуле для случая (1) (если позиционные допуски приняты одинаковыми для обеих соединяемых деталей)

$$\text{для соединения типа А } T = KS_{\min}; \quad (1)$$

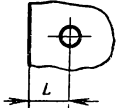
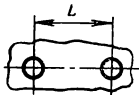
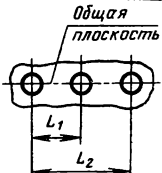
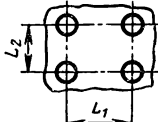
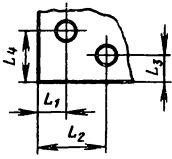
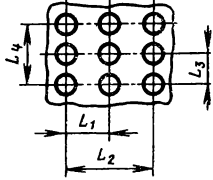
$$\text{для соединений типа В } T = 0,5KS_{\min},$$

где K — коэффициент использования зазора для компенсации отклонения расположения осей; $K = 1$ или $0,8$ для соединений, в которых не требуется регулирования взаимного расположения деталей, $K = 0,8$ или $0,6$ для соединений, в которых необходимо обеспечить регулирование взаимного расположения деталей при сборке; $S_{\min}$ — наименьший зазор между сквозным гладким отверстием и крепежной деталью.

Виды расположения осей отверстий под крепежные детали и нормируемые отклонения размеров, координирующих оси отверстий, приведены в табл. 2.

Результаты расчета позиционных допусков по формулам (1) с округлением приведены в табл. 3.

2. Классификация видов расположения осей отверстий под крепежные детали

Эскиз	Характеристика расположения отверстий	Нормируемые отклонения размеров, координирующих оси отверстий
	Одно отверстие, координированное относительно плоскости (при сборке базовые плоскости соединяемых деталей совмещаются)	Предельное отклонение $\pm \delta L$ размера L между осью отверстия и плоскостью $\delta L = \pm 0,5T$
	Два отверстия, координированные друг относительно друга. Сборочная база отсутствует	Предельные отклонения $\pm \delta L$ размера между осями двух отверстий $\delta L = \pm T$
	Три и более отверстий, расположенных в один ряд. Сборочная база отсутствует	Предельные отклонения $\pm \delta L$ размера между осями двух любых отверстий $\delta L = \pm 0,7T$
	Три или четыре отверстия, расположенные в два ряда. Сборочная база отсутствует	Предельные отклонения $\pm \delta L$ размеров L_1 и L_2 $\delta L = \pm 0,7T$
	Одно или несколько отверстий в один или несколько рядов, координированные относительно сборочных баз (например, двух плоскостей) в двух взаимно перпендикулярных направлениях	Предельные размеры отклонения $\pm \delta L$ размеров L_1, L_2, L_3 и L_4 $\delta L = \pm 0,35T$
	Отверстия, расположенные в несколько рядов. Сборочная база отсутствует	Предельные отклонения $\pm \delta L$ размеров $L_1 - L_4$ $\delta L = \pm 0,35T$

Примечание. Допуски координируемых размеров δL и T берут в миллиметрах.

3. Позиционные допуски осей отверстий для крепежных деталей

Зазор $S_{\min}$	Соединение						Зазор $S_{\min}$	Соединение					
	Тип А			Тип В				Тип А			Тип В		
	Позиционный допуск T , мм							Позиционный допуск T , мм					
	$K=1$	$K=0,8$	$K=0,6$	$K=1$	$K=0,8$			$K=1$	$K=0,8$	$K=0,6$	$K=1$	$K=0,8$	
0,1	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	4	4	3	2,5	2	1,6		
0,2	0,2	0,16	0,12	0,1	0,08	5	5	4	3	2,5	2		
0,3	0,3	0,25	0,16	0,16	0,12	6	6	5	4	3	2,5		
0,4	0,4	0,3	0,25	0,2	0,16	7	6	6	4	3	3		
0,5	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	8	8	6	5	4	3		
0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	10	10	8	6	5	4		
0,8	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	11	10	8	6	5	4		
1	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	12	12	10	8	6	5		
2	2	1,6	1,2	1	0,8	14	12	10	8	6	5		
3	3	2,5	1,6	1,6	1,2	15	16	12	10	8	6		

Примечание. Позиционные допуски приведены в диаметральном выражении.

Глава 11

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

Поля допусков и рекомендуемые посадки для деталей из пластмасс по ГОСТ 25349—82 приведены в табл. 1, а верхние и нижние отклонения валов и отверстий из пластмасс, дополнительно к ГОСТ 25349—82, — в табл. 2 и 3.

Поля допусков деталей из пластмасс приведены для следующих исходных данных: температура +20 °С, относительная влажность воздуха 65 %.

Посадки деталей из пластмасс приведены в табл. 4.

В соединениях пластмассовых деталей с металлическими или пластмассовыми назначают посадки как в системе отверстия, так и в системе вала. Однако допускается образование комбинированных посадок для соединений пластмассовых деталей, требующих больших зазоров или натягов сравнительно с соединениями пластмассовых деталей с металлическими.

Для металлических деталей в соединениях с деталями из пластмасс рекомендуется назначать следующие поля допусков по ГОСТ 25349—82 (см. табл. 7 и 12 гл. 2): для валов $h7...h12$, а для отверстий $H7...H12$.

1. Поля допусков и рекомендуемые посадки для деталей из пластмасс

Поля допусков валов	Таблица (гл. 2)	Поля допусков отверстий	Таблица (гл. 2)
$j_s8 \dots j_s17$	8	$J_s8 \dots J_s17, N8$	13
$h8 \dots h17$	12	$H8 \dots H17$	7
$d8, d9, d10, d11, e8, e9, f8, f9$	9	$D8, D9, D10, D11, E8, E9, F8, F9$	14
$c8, a11, b11, c11, b12$	10	$A11, B11, B12, C11$	15
$u8, x8, z8$	11	$U8$	16

Примечания: 1. Поля допусков валов $k8, k9, k10, k11, x10, z10, za10, zb10$ и $zc11$ даны в табл. 2, поля допусков отверстий $N9, N10, N11, X10, Z10, ZA10, ZB10, ZC10, ZC11$ приведены в табл. 3.

2. Дополнительные поля допусков $y10, zc10, ay11, az11, h18, j_s18, ze11; Y10, ZC10, AY11, AZ11, ZE11, H18, J_s18$ указаны в ГОСТе 25349—82.

2. Верхние и нижние отклонения (мкм) валов из пластмасс со знаком «плюс»

Интервал размеров, мм		Поля допусков валов								
		<i>k8</i>	<i>k9</i>	<i>k10</i>	<i>x10</i>	<i>z10</i>	<i>za10</i>	<i>zb10</i>	<i>k11</i>	<i>zc11</i>
Св.	До									
От 1	3	14 0	25 0	40 0	—	66 26	—	80 40	60 0	120 60
3	6	18 0	30 0	48 0	—	83 35	—	98 50	75 0	155 80
6	10	22 0	36 0	58 0	—	100 42	—	125 67	90 0	187 97
10	14	27 0	43 0	70 0	—	120 50	—	160 90	110 0	240 130
14	18					130 60		178 108		260 150
18	24	33 0	52 0	84 0	—	157 73	182 98	220 136	130 0	318 188
24	30					172 88	202 118	244 160		348 218
30	40	39 0	62 0	100 0	180 80	212 112	248 148	300 200	160 0	434 274
40	50				197 97	236 136	280 180	342 242		485 325
50	65	46 0	74 0	120 0	242 122	292 172	346 226	420 300	190 0	595 405
65	80				266 146	330 210	394 274	480 360		670 480
80	100	54 0	87 0	140 0	318 178	398 258	475 335	585 445	220 0	805 585
100	120				350 210	450 310	540 400	665 525		910 690

Продолжение табл. 2

Интервал размеров, мм		Поля допусков валов								
		<i>k8</i>	<i>k9</i>	<i>k10</i>	<i>x10</i>	<i>z10</i>	<i>za10</i>	<i>zb10</i>	<i>k11</i>	<i>zc11</i>
120	140	63 0	100 0	160 0	408 248	525 365	630 470	780 620	250 0	1050 800
140	160				440 280	575 415	695 535	860 700		1150 900
160	180				470 310	625 465	760 600	940 780		1250 1000
180	200	72 0	115 0	185 0	535 350	705 520	855 670	1065 880	290 0	1440 1150
200	225				570 385	760 575	925 740	1145 960		1540 1250
225	250				610 425	825 640	1005 820	1235 1050		1640 1350
250	280	81 0	130 0	210 0	685 475	920 710	1130 920	1410 1200	320 0	1870 1550
280	315				735 525	1000 790	1210 1000	1510 1300		2020 1700
315	355	89 0	140 0	230 0	820 590	1130 900	1380 1150	1730 1500	360 0	2260 1900
355	400				890 660	1230 1000	1530 1300	1880 1650		2460 2100
400	450	97 0	155 0	250 0	990 740	1350 1100	1700 1450	2100 1850	400 0	2800 2100
450	500				1070 820	1500 1250	1850 1600	2350 2100		3000 2600

Примечание. Верхнее отклонение es и нижнее отклонение ei брать со знаком «плюс».

3. Верхние и нижние отклонения (мкм) отверстий деталей из пластмасс со знаком «минус»

Интервал размеров, мм		Поля допусков отверстий									
		N9	N10	X10	Z10	ZA10	ZB10	ZC10	N11	ZC11	ZE11
Св.	До										
1	3	4 29	4 44	—	26 66	—	40 80	60 100	4 64	60 120	90 150
3	6	0 30	0 48	—	35 83	—	50 98	80 128	0 75	80 155	120 195
6	10	0 36	0 58	—	42 100	—	67 125	97 155	0 90	97 187	152 242
10	14				50 120		90 160	130 200		130 240	206 316
14	18	0 43	0 70	—	60 130	—	108 178	150 220	0 110	180 260	238 348
18	24				73 157	98 182	136 220	188 272		188 318	296 426
24	30	0 52	0 84	—	88 172	118 202	160 244	218 302	0 130	218 348	345 475
30	40				80 180	112 212	148 248	200 300		274 434	435 595
40	50	0 62	0 100		97 197	136 236	180 280	242 342	0 160	325 485	520 680
50	65				122 242	172 292	226 346	300 420		405 595	650 840
65	80	0 74	0 120		146 266	210 330	274 394	360 480	0 190	480 670	770 960
80	100				178 318	258 398	335 475	445 585		585 805	940 1160
100	120	0 87	0 140		210 350	310 450	400 540	525 665	0 220	690 910	1100 1320

Продолжение табл. 3

Интервал размеров, мм		Поля допусков отверстий									
		N9	N10	X10	Z10	ZA10	ZB10	ZC10	N11	ZC11	ZE11
120	140	0 100	0 160	248 408	365 525	470 630	620 780	800 960	0 250	800 1050	1300 1550
140	160			280 440	415 575	535 695	700 860	900 1060		900 1150	1450 1700
160	180			310 470	465 625	600 760	780 940	1000 1160		1000 1250	1600 1850
180	200	0 115	0 185	350 535	520 705	670 855	880 1065	1150 1335	0 290	1150 1440	1800 2090
200	225			385 570	575 760	740 925	960 1145	1250 1435		1250 1540	2000 2290
225	250			425 610	640 825	820 1005	1050 1235	1350 1535		1350 1640	2200 2490
250	280	0 130	0 210	475 685	710 920	920 1130	1200 1410	1550 1760	0 320	1550 1870	2400 2720
280	315			525 735	790 1000	1000 1210	1300 1510	1700 1910		1700 2020	2700 3020
315	355	0 140	0 230	590 820	900 1130	1150 1380	1500 1730	1900 2130	0 360	1900 2260	3000 3360
355	400			660 890	1000 1230	1300 1530	1650 1880	2100 2330		2100 2460	3400 3760
400	450	0 135	0 250	740 990	1100 1350	1450 1700	1850 2100	2400 2650	0 400	2400 2800	3800 4200
450	500			820 1070	1250 1500	1600 1850	2100 2350	2600 2850		2600 3000	4200 4600

Примечание. Верхнее отклонение *ES* и нижнее отклонение *EI* брать со знаком «минус».

4. Рекомендуемые посадки деталей из пластмасс

Система отверстия					Система вала				
$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{N8}{h8}$
$\frac{H8}{k8}$	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{U8}{h8}$	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$
$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H9}{k9}$	$\frac{H9}{x10}$	$\frac{N9}{h9}$	$\frac{X10}{h9}$	$\frac{Y10}{h9}$	$\frac{Z10}{h9}$	$\frac{ZA10}{h9}$
$\frac{H9}{y10}$	$\frac{H9}{z10}$	$\frac{H9}{za10}$	$\frac{H9}{zb10}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{ZB10}{h9}$	$\frac{D10}{h10}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{N10}{h10}$	$\frac{Y10}{h10}$
$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H10}{k10}$	$\frac{H10}{y10}$	$\frac{H10}{z10}$	$\frac{H10}{za10}$	$\frac{Z10}{h10}$	$\frac{ZA10}{h10}$	$\frac{ZB10}{h10}$	$\frac{ZC10}{h10}$	$\frac{ZC11}{h10}$
$\frac{H10}{zb10}$	$\frac{H10}{zc10}$	$\frac{H10}{zc11}$	$\frac{H10}{ze11}$	$\frac{H11}{ay11}$	$\frac{ZE11}{h10}$	$\frac{AY11}{h11}$	$\frac{AZ11}{h11}$	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$
$\frac{H11}{az11}$	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{N11}{h11}$	$\frac{ZC11}{h11}$
$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H11}{k11}$	$\frac{H11}{zc11}$	$\frac{H11}{ze11}$	$\frac{H12}{b12}$	$\frac{ZE11}{h11}$	$\frac{B12}{h12}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H13}{h13}$	—
$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H13}{h13}$	—	—	—					

СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Размер, проставленный на чертеже, эскизе технологической карты изготовления, контроля, дефектации или обслуживания изделия, должен быть измерен с требуемой точностью. Измерение проводится по установленным правилам и приемам с помощью обоснованно выбранных средств измерения. Метрологические термины и определения установлены ГОСТ 16263—70. Рассмотрим некоторые из них.

Метрология — это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. *Измерить* — значит, сравнить действительный размер изделия с величиной, принятой за единицу измерения, т. е. установить, сколько единиц измерения содержится в контролируемом размере.

Процесс измерения неизбежно сопровождается ошибками или погрешностями. *Погрешностью* измерения называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Погрешности при измерениях вызываются различными причинами: несовершенством измерительных средств, нестабильностью условий проведения измерений, недостаточным опытом и субъективными ошибками лица, производящего измерения. Несовершенство измерительных приборов заключается в том, что они состоят из деталей, изготовленных с допуском, что и приводит к погрешности показаний. Точность измерения зависит от точности установки и базирования детали и прибора при измерении, величины усилий, прикладываемых к измерительным поверхностям прибора и вызывающих деформации как деталей, так и измерительного прибора, нестабильностью температуры измерительного прибора и контролируемой детали (так, нагрев стальной детали длиной 1 м только на 1 °С приводит к увеличению ее размера до 10 мкм), а также многих других причин.

Погрешности подразделяются на три группы: систематические, случайные и промахи.

Систематической погрешностью измерения называется составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины. Эти погрешности вызываются неправильной градуировкой и установкой прибора, износом его подвижных деталей, а также несоблюдением правил пользования прибором, нарушением температурного режима при измерении и использованием неправильной методики измерения. Систематические погрешности стремятся перед измерением исключить или учесть введением поправок.

Случайной погрешностью измерения называется составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины и обусловленная случайными величинами, влияние которых на результаты измерений при единичных измерениях практически не может быть учтено. Выявление влияния случайных погрешностей заключается в проведении возможно большего числа измерений одной и той же величины с последующей обработкой результатов измерений на основе теории вероятностей и математической статистики. В этом случае результат измерения представляют в виде так называемого *доверительного интервала*. С заданной вероятностью между границами доверительного интервала находится истинное значение измеряемой величины. Например, запись $50 \pm 0,01$ мм, $P = 99,5\%$ означает, что истинное значение измеренной длины находится в интервале от 49,99 до 50,01 мм с вероятностью 99,5%. Оценка случайных погрешностей при технических измерениях обычно не производится.

Грубой погрешностью измерения (промахом), приводящим к явным искажениям результатов измерения, называется погрешность измерения, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях. Промахи из результатов измерения исключаются и не принимаются во внимание.

Измерения могут быть прямыми и косвенными и проводиться абсолютным и относительным способами.

При *прямых измерениях* искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных, т. е. размер детали определяют непосредственно по показаниям измерительного прибора — это наиболее распространенный метод. К прямым измерениям относят измерение размеров деталей с помощью штангенинструментов, микрометров, угломеров, измерительных микроскопов и др.

При *косвенных измерениях* искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Например, овальность и конусообразность определяется косвенно как полуразность наибольшего и наименьшего диаметров, средний диаметр резьбы измеряется при помощи трех проволок по результатам соответствующих расчетов, и т. д.

При *абсолютном методе* измерения размер детали определяют непосредственно прямым измерением, т. е. по шкале прибора, проградуированного в единицах измерения; к таким приборам относятся штангенциркули, микрометры, измерительные линейки, угломеры.

При *относительном или сравнительном методе* измерения определяют величину отклонения измеряемой величины от плоскопараллельной концевой меры длины или от установочной меры известного номинального размера, по которой был предварительно выверен (настроен) прибор, например индикатор часового типа, оптиметр и т. п. Этот метод широко применяется для измерения, например, диаметров отверстий с помощью индикаторных нутромеров

В зависимости от наличия контакта между измерительными поверхностями прибора и контролируемой деталью различают контактный и бесконтактный методы измерения.

При контактном методе измерения измерительные поверхности прибора (например, губки штангенциркуля) соприкасаются с поверхностью измеряемого изделия.

Бесконтактный метод — метод измерения, при котором отсутствует механический контакт детали с измерительным наконечником прибора (оптические методы).

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Технические средства измерения размеров подразделяют на меры и измерительные приборы.

Мерой называется средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. По конструктивным признакам меры длины делятся на штриховые и плоскопараллельные концевые меры. К мерам относят измерительные линейки, рулетки, щупы, лекальные линейки (мера прямолинейности), образцы шероховатости поверхности, установочные меры. Размер штриховых мер длины определяется расстоянием между двумя штрихами, нанесенными на стальную линейку или на специальную шкалу. Простейшей штриховой мерой является измерительная линейка. Номинальный размер концевой меры длины (или установочной меры) определяется расстоянием между двумя ее измерительными поверхностями. Они применяются для настройки измерительных приборов, измерения на которых производятся относительным методом, а также в поверочной практике. Особую группу мер составляют угловые меры (плитки), многогранные призмы, угольники, предназначенные для воспроизведения угловых единиц.

Измерительным прибором называется средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. К измерительным приборам относятся штангенциркули, микрометры, индикаторные нутромеры, оптиметры, измерительные микроскопы. Штангенциркули и микрометры традиционно иногда называют универсальным измерительным инструментом.

Рассмотрим некоторые метрологические показатели средств измерений.

Деление шкалы — промежуток между двумя соседними отметками шкалы. Для большинства приборов деление шкалы является постоянной величиной; такие шкалы называют равномерными. У некоторых приборов деления шкалы на различных участках не равны между собой, такие шкалы называют неравномерными.

Цена деления шкалы — разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. На рис. 1 показана шкала рычажно-

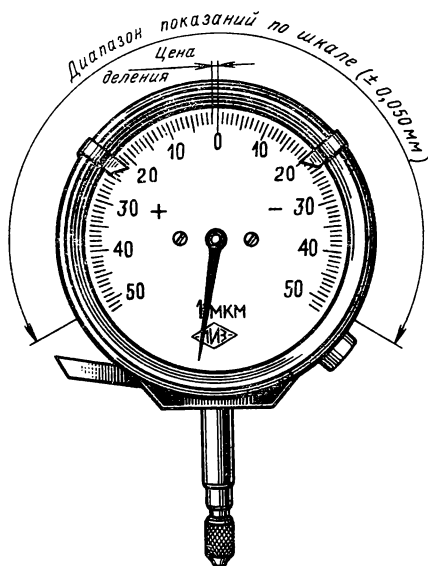


Рис. 1. Рычажно-зубчатая измерительная головка типа ИИГ

зубчатой головки, проградуированная в микрометрах. Каждый десяток делений шкалы оцифрованы (0, 10, 20, 30, 40, 50). Следовательно, цена одного деления равна 1 мкм или 0,001 мм. Это означает, что при перемещении измерительного наконечника на 0,001 мм стрелка головки переместится от начального до соседнего деления шкалы на одно деление, соответствующее 1 мкм.

Диапазон показаний (измерений по шкале) — область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями; например, для измерительной головки диапазон показаний по шкале $\pm 0,05$ мм, т. е. от нуля шкалы — в сторону больших размеров (т. е. плюс) $+ 50$ мкм и в сторону меньших размеров (т. е. минус) $- 50$ мкм.

Диапазон показаний по шкале охватывает 100 мкм или 0,1 мм.

Диапазон измерений — область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений. Диапазон измерений складывается из диапазона показаний по шкале прибора (для оптиметра, например, $\pm 0,1$ мм или 0,2 мм) и диапазона перемещения измерительного прибора (трубки оптиметра) по вертикальной стойке (для оптиметра 0—180 мм). В характеристике прибора указывают диапазон перемещения по стойке, т. е. для оптиметра диапазон измерений равен 0—180 мм.

Предел измерений — наибольшее и наименьшее значения диапазона измерений. Например, для оптиметра нижний предел 0, а верхний 180 мм, для микрометра МК-25 нижний предел 0, а верхний предел 25 мм; для микрометра МК-50 нижний предел 25 мм, а верхний предел 50 мм.

Поправка — величина, прибавляемая к полученному при измерении значению величины или к номинальному значению меры, чтобы исключить систематические погрешности и получить значение измеряемой величины или значение меры, более близкое к их истинным значениям.

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ (ПКМД)

ПКМД являются основным средством измерения и сохранения единства мер в машиностроении. Через них осуществляется передача единицы длины от эталона к изделию. В производственных условиях ПКМД сокращенно называют плитками; их выполняют в виде прямоугольного параллелепипеда с различными размерами (рис. 2, а). За номинальный размер ПКМД принимают ее «срединную длину» или длину перпендикуляра AB , опущенного из середины одной из измерительных поверхностей на противоположную измерительную поверхность (рис. 2, б). Обе измерительные поверхности отличаются от других поверхностей ПКМД малой шероховатостью и большой зеркальностью. Концевые меры длины комплектуют в наборы различных номеров, наиболее распространенными из которых являются наборы № 1 и № 6 или № 7 (табл. 1).

К ПКМД прилагают наборы принадлежностей, состоящие из державок (струбцин) и боковиков различных форм и размеров (рис. 2, в). В зависимости от точности изготовления, т. е. от величины отклонений срединной длины от номинального размера и величины отклонений от плоскопараллельности, ПКМД выпускают 0-го, 1-го, 2-го и 3-го классов точности; наивысшую точность имеют меры 0-го класса.

Трудность изготовления ПКМД и быстрое их изнашивание определили особую систему их применения с учетом погрешности по аттестату. В зависимости от точности аттестации (определения срединной длины в метрологических учреждениях) ПКМД подразделяются на пять разрядов: первый, второй, третий, четвертый и пятый. Высшим разрядом является первый.

Особым свойством ПКМД является их *притираемость* — способ-

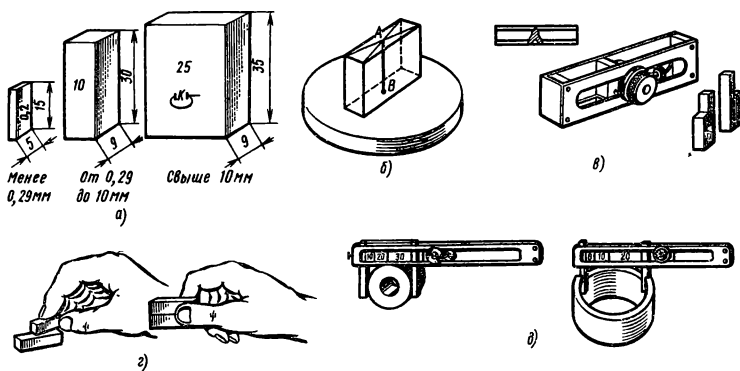


Рис. 2. Плоскопараллельные концевые меры длины:

а — разновидности мер; б — определение номинального размера меры; в — набор принадлежностей; г — составление блока мер; д — измерение наружного и внутреннего диаметров детали

1. Наборы концевых плоскопараллельных мер длины

Номер на-бора	Коли-чест-во мер	Гра-дация, мм	Номинальное значение длины мер, мм		Номер на-бора	Коли-чест-во мер	Гра-дация, мм	Номинальное значение длины мер, мм	
			От	До				От	До
1	83		1,005		11	43	0,01	0,3	0,7
		0,01	1	1,5			0,1	0,8	0,9
		0,1	1,6	2	12	74		1,005	
			0,5				0,01	1	1,5
		0,5	2,5	10			0,1	1,6	2
		10	20	100				0,5	
2	38		1,005		13	11	10	5	
		0,01	1	1,1				10	100
		0,1	1,2	2				0,5	10,5
		1	3	10	14	38	10	30	100
		10	20	100					
		3	112		1,005		15	4	
0,01	1			1,5	1 мм, то же				
0,1	1,6			2	1,5, то же				
	0,5			2, то же					
0,5	2,5			25	1,005				
10	30			100	16	29	0,01	1	1,1
4	10	0,001	2	2,009			0,1	1,2	2
5	10	0,001	1,991	2			1	3	10
6	10	0,001	1	1,009	17	19	0,001	1,991	2,009
7	10	0,001	0,991	1			0,001	0,991	1,009
8	10	25	125	200	21	7	21,2; 51,4; 71,5; 126,8; 150; 175 101,6		
		50	250	300					
		100	400	500					
9	12	100	100	1000					
10	20	0,01	0,1	0,29					

ность концевых мер прочно сцепляться между собой при надвигании или нажатии одной меры на другую (рис. 2, з). Притираемость ПКМД обусловлена силами молекулярного сцепления их измерительных по-

верхностей, обладающих высокой плоскостностью и незначительной шероховатостью.

Для получения требуемого размера концевые меры длины соединяют между собой в блоки таким образом, чтобы блок был составлен из наименьшего числа мер, для чего сначала подбирают потребные меры длины для составления блока. Выбранные для составления блока ПКМД очищают от смазочного материала, промывают безводным и бескислотным чистым бензином и вытирают насухо чистой салфеткой. Прикасаться после этого руками к зеркальным измерительным поверхностям плиток запрещается.

Пример 1. Составить блок концевых мер длины номинального размера 59,935 мм из имеющегося набора № 1.

Номинальный размер первой концевой меры длины должен содержать последнюю цифру десятичной дроби заданного размера, т. е. 0,005 мм. В наборе № 1 такой мерой будет плитка размером 1,005 мм. Для расчета второй концевой меры длины необходимо из номинального размера заданного для составления блока вычесть размер первой плитки, т. е. $59,935 - 1,005 = 58,93$ мм.

Выбираем из набора № 1 концевую меру длины, которая содержала бы последнюю цифру десятичного знака, т. е. 0,03 мм. Такой мерой будет ПКМД размера 1,03 мм. Вычитая из размера 58,93 мм размер выбранной второй концевой меры 1,03 мм, получим $58,93 - 1,03 = 57,9$ мм. По аналогии третья концевая мера будет иметь размер 1,9 мм. Тогда разность $57,9 - 1,9 = 56$ мм. Оставшийся целый размер составляют из возможно меньшего числа ПКМД крупных размеров; в данном примере размер 56 мм может быть составлен из двух плиток — 50 и 6 мм.

ПКМД совместно с приспособлениями используются для разметочных работ, контроля высот, настройки измерительных приборов, для измерений наружных и внутренних размеров (рис. 2, д), для измерения пазов и непосредственно для измерения наружных и внутренних размеров. После работы ПКМД промывают бензином и смазывают безводным техническим вазелином или смазкой ЦИАТИМ.

ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

К штангенинструментам относят широко распространенные штангенциркули, штангенрейсмасы и штангенглубиномеры (табл. 2). Основными деталями штангенинструмента являются металлическая линейка — штанга с нанесенной на ней миллиметровой шкалой и свободно перемещающаяся по штанге рамка, на скосе которой напротив делений миллиметровой шкалы штанги нанесена вспомогательная шкала с делениями. Эта шкала называется *нониусом* и служит для отсчета дробных долей миллиметра. Наименьшая дробная доля миллиметра, отсчитываемая нониусом, называется ценой деления нониуса (отсчетом по нониусу). Штангенинструменты выпускают с величиной отсчета по нониусу, равной 0,1 и 0,05 мм. Кроме линейных нониусов в угломерах

2. Характеристика штангенинструментов

Тип	Диапазон измерений, мм	Цена деления (нониус), мм	Погрешность, ± мкм
-----	------------------------	---------------------------	--------------------

Штангенциркули по ГОСТ 166–80
(СТ СЭВ 704–77–СТ СЭВ 707–77)

ШЦ–I	0–125	0,1	100
ШЦ–II	0–160; 0–200; 0–250	0,05 и 0,1	50 и 100
ШЦ–III	0–160; 0–200; 0–250	0,05 и 0,1	50 и 100
ШЦ–III	0–315; 0–400; 0–500; 250–630; 250–800; 320–1000; 500–1250; 500–1600	0,1	100 100
ШЦ–III	800–2000; 1500–3000; 2000–4000	0,1	200–400

Штангенрейсмасы по ГОСТ 164–80

ШР	0–250; 40–400; 60–630	0,05	50
ШР	100–1000; 600–1600; 1500–2500	0,1	100–200

Штангенглубиномеры по ГОСТ 162–80
(СТ СЭВ 704–77, СТ СЭВ 708–77)

ШГ	0–160; 0–200; 0–250; 0–315; 0–400	0,05	50
----	-----------------------------------	------	----

существуют угловые нониусы с отсчетом в 5 и 2 угловые минуты.

Распространенный штангенинструмент с ценой делений нониуса 0,1 мм (рис. 3, а) имеет шкалу нониуса длиной 9 мм с десятью делениями. Расстояние между двумя соседними штрихами шкалы нониуса составляет 0,9 мм; следовательно, интервал деления шкалы нониуса на 0,1 мм короче интервала деления шкалы штанги.

При нулевом показании нулевой штрих шкалы нониуса совпадает с нулевым штрихом шкалы штанги. Но первый за нулевым штрих шкалы нониуса оказывается смещенным относительно первого штриха шкалы штанги на 0,1 мм, второй – на 0,2 мм, десятый штрих – на 1 мм; поэтому десятый штрих шкалы нониуса совпадает с девятым штрихом (миллиметром) шкалы штанги. Если сдвинуть шкалу нониуса так, чтобы ее первый штрих (не считая нулевого) совпал с первым штрихом миллиметровой шкалы, то измеряемый размер изделия составит 0,1 мм. Аналогично, например, при совпадении четвертого штриха шкалы нониуса со штрихом основной шкалы, нанесенной на штанге, отсчет составит 0,4 мм, и т. д. Следовательно, для определения размера по шкале штангенинструмента необходимо отсчитать целое число миллиметров по шкале штанги, соответствующее нулевому штриху нониуса, и прибавить к нему доли миллиметра, полученные в результате умножения цены деления нониуса на порядковый номер

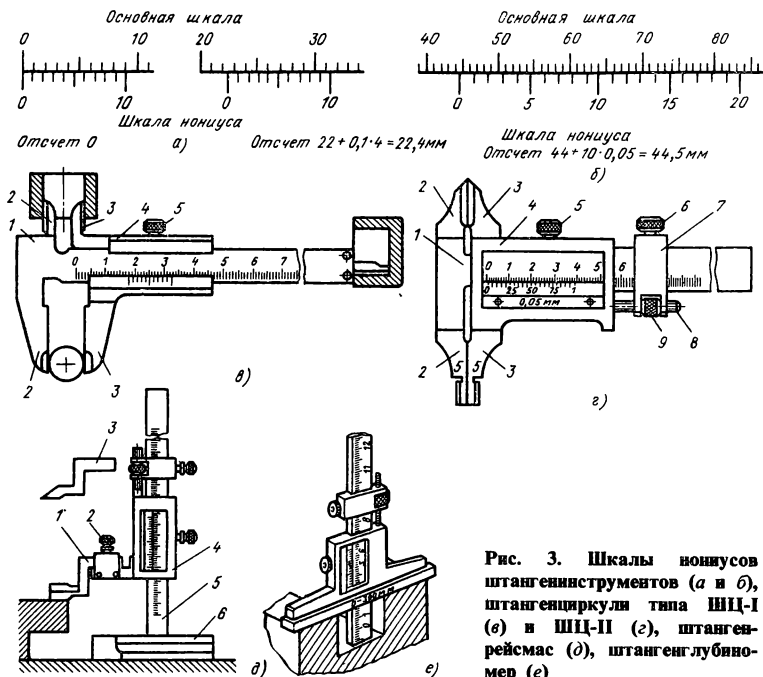


Рис. 3. Шкалы нониусов штангенинструментов (а и б), штангенциркули типа ШЦ-I (в) и ШЦ-II (г), штангенрейсмас (д), штангенглубиномер (е)

штриха нониусной шкалы, совпавшего со штрихом штанги. На рис. 3, а отсчет 22,4 мм. Нулевой штрих шкалы нониуса не учитывается.

Для удобства пользования, шкалой нониуса некоторые штангенинструменты имеют так называемый растянутый нониус с длиной шкалы 19 мм. Интервал деления в данном случае составляет 1,9 мм, что также дает отставание в 0,1 мм от каждого второго деления шкалы штанги. Принцип отсчета тот же. Растянутый нониус с ценой деления 0,05 мм имеет шкалу с 20 делениями на длине 39 мм (на рис. 3, б отсчет 44,5 мм).

Штангенциркуль ШЦ-I (рис. 3, в) снабжен глубиномером. На штанге 1 с губками 2 установлена подвижная рамка 4 с губками 3, зажимаемая винтом 5.

Штангенциркуль ШЦ-II отличается от штангенциркуля ШЦ-I конструкцией губок и наличием устройства для точной установки на размер. Это устройство состоит из движка (хомутика) 7 с микрометрическим винтом 8 и гайки 9. Винт 8 жестко связан с подвижной рамкой 4 с нониусом. Заостренные концы верхней пары губок 2 и 3 используют для разметки, а нижнюю пару губок — для измерения наружных и внутренних размеров. При измерениях внутренних размеров к отсчету по шкалам штанги и нониуса нужно приплюсовывать толщину губок, ко-

торая маркируется на них: например, на штангенциркуле, изображенном на рис. 3,г, толщина каждой губки равна 5 мм.

Штангенциркуль перед измерением размера протирают, осматривают и проверяют. При осмотре следует убедиться в отсутствии повреждения губок и сблизить их. При этом нулевая риска шкалы нониуса должна совпасть с нулевой рисккой на шкале штанги, просвет между измерительными поверхностями губок не должен превышать 0,01 мм. Измерение детали производят в следующей последовательности. Освободив зажимные винты 5 и 6, приводят губки в соприкосновение с измеряемой деталью. Затягивают зажимной винт 6 движка 7 и, вращая микрометрическую гайку 9, подводят рамку 4 с губками 3 к детали обеспечивая нормальное измерительное усилие. Застопорив подвижную рамку 4 стопорным винтом 5, считывают показания.

Штангенрейсмас (рис. 3,д) предназначен для измерения высот изделий, выступов, а также разметки. Он состоит из основания 6 с закрепленной на нем штангой 5, по которой передвигается рамка 4 с движком микрометрической подачи. К рамке хомутиком с зажимным винтом 2 крепят сменную разметочную ножку 3 или измерительную ножку 1 для определения высот и глубин.

Штангенглубиномер (рис. 3,е) предназначен для измерения глубин и высот изделий.

МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ (ИНСТРУМЕНТЫ)

К микрометрическим приборам относят гладкие микрометры, микрометрические глубиномеры и нутромеры, а также зубомерные микрометры (табл. 3). Микрометрическая пара состоит из винта и неподвижной гайки. При измерении деталей поворот микровинта в гайке на 360° вызывает его перемещение в осевом направлении на 0,5 мм.

Микрометр (рис. 4,а) имеет следующую конструкцию. В левый конец скобы 9 запрессована сменная пятка 1, а в правый конец скобы — стержень 8 с втулкой. На правой стороне втулки, выполняющей роль микрометрической гайки, нарезана наружная коническая резьба и точная внутренняя цилиндрическая резьба; во внутреннюю резьбу ввернут микровинт 2, а на наружную накручена коническая гайка 4, предназначенная для регулирования зазора в микрометрической винтовой паре. Микровинт 2 через коническое соединение связан с барабаном 7. В этом соединении натяг создается при затяжке колпачка 5. Трещотка 6 обеспечивает постоянное измерительное усилие, ее храповик выходит из зацепления с прижимаемым пружиной сухарем после того, как сила трения между измеряемой поверхностью детали и измерительными поверхностями микрометра превысит заданное усилие сцепления храповика с сухарем. Микровинт стопорится гайкой 3.

На наружной цилиндрической поверхности стержня имеется продольная отсчетная линия, на которую сверху и снизу нанесены две миллиметровые шкалы, смещенные друг относительно друга на 0,5 мм. Нижняя шкала оцифрована через каждые 5 мм на длине 25 мм. При

3. Характеристика микрометрических приборов с ценой деления 0,01 мм

Тип	Диапазон измерений, мм	Погрешность, ± мкм	
		Класс точности	
		1	2

Микрометры по ГОСТ 6507-78
(СТ СЭВ 344-76, СТ СЭВ 352-76)

МК (гладкие)	0-25	2	4
	25-50; 50-75; 75-100	2,5	4
	100-125; 125-150; 150-175; 175-200	3	5
	200-225; 225-250; 250-275; 275-300	4	6
	300-400; 400-500	5	8
	500-600	6	10

Микрометрические глубиномеры
по ГОСТ 7470-78

ГМ	0-25	2	4
	25-50	3	4
ГМ	50-100	3	5
	100-150	4	6

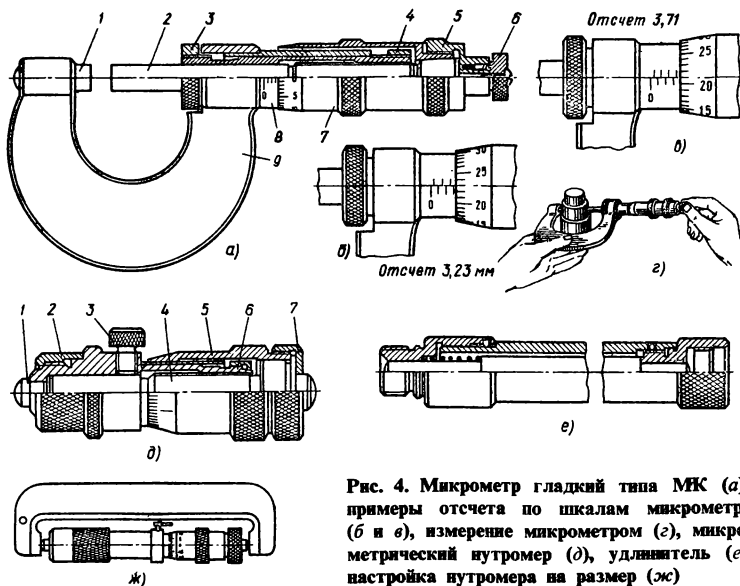


Рис. 4. Микрометр гладкий типа МК (а); примеры отсчета по шкалам микрометра (б и в), измерение микрометром (в), микрометрический нутромер (г), удлинитель (д), настройка нутромера на размер (е)

повороте микровинта вместе с барабаном на 360° его торцовая поверхность перемещается в осевом направлении на 0,5 мм.

На скошенном конце барабана по окружности нанесена вторая шкала (50 делений), на которой каждое пятое деление оцифровано. Поворот микровинта на одно деление по шкале барабана соответствует его перемещению в осевом направлении на 0,01 мм. При установке микрометра на нижний диапазон измерений (нулевая установка) нулевой штрих барабана должен совпадать с продольной линией стебля, а скошенный край барабана находиться напротив крайнего левого (нулевого) штриха стебля.

Перед измерением размеров микрометр осматривают, проверяют взаимодействие его подвижных деталей и установку на нуль или на нижний диапазон измерений. При отсчете показаний по микрометру сначала отсчитывают целое число миллиметров по нижней оцифрованной шкале, затем прибавляют число сотых долей миллиметра по шкале барабана (рис. 4, б, отсчет 3,23 мм). Если край барабана перешел за деление, нанесенное на шкале, расположенной выше продольной отсчетной линии, то к полученному результату необходимо прибавить 0,5 мм (рис. 4, в, отсчет 3,71 мм).

Для проведения измерений микрометр целесообразно закреплять в стойке или держать за скобу (рис. 4, г). Измеряемая деталь вводится между измерительными поверхностями микрометра с зазором 1–2 мм. Затем вращают микровинт за трещотку до соприкосновения измерительных поверхностей с деталью. Нормальное усилие измерения определяют по двум-трем щелчкам трещотки, после чего микровинт стопорят и отсчитывают показания. Измерительные поверхности микрометра нельзя приводить в контакт между собой или с поверхностями измеряемых изделий, вращая микровинт за барабан или головку микрометра, так как в этом случае создаются большие давления, получаются неверные результаты и портится самая важная и дорогая деталь микрометра — микровинт.

Микрометрический глубиномер предназначен для измерения глубин глухих отверстий и плоскостей и вместо скобы снабжен основанием с плоской измерительной поверхностью. Микровинт может соединяться со сменными измерительными стержнями разной длины.

Микрометрический нутромер предназначен для измерения внутренних размеров и состоит из микрометрической головки (рис. 4, д) удлинителя (рис. 4, е) и наконечника. Внутри стебля 6 микроголовки установлен микровинт 4 в сборе с барабаном 5 и защитной головкой 7. Правый конец микровинта выполнен сферическим. Для фиксирования микровинта в стеоле предусмотрен стопорный винт 3. С левой стороны на стебель накручена защитная гайка 2, а внутри стебля запрессован сферический упор 1. Если необходимо соединить головку с удлинителем, то с нее свинчивают защитную гайку 2, вместо которой навинчивают удлинитель с наконечником. Рабочий ход микровинта составляет 13 или 25 мм. Для установки на размер нутромер укомплектован установочными мерами (рис. 4, ж).

При измерении предварительно, исходя из измеряемого размера, выбирают требуемые удлинители, которые свинчивают с микроголовкой и наконечником, затем вводят нутромер в измеряемое отверстие. Прижав его одним концом в измеряемую поверхность, а другим концом слегка покачивая, находят наименьший размер в плоскости, проходящей через ось отверстия, и наибольший размер в плоскости, перпендикулярный оси отверстия. Добившись совпадения обоих показаний нутромера, зажимным винтом стопорят нутромер и отсчитывают показания.

Зубомерный микрометр предназначен для измерения длины общей нормали зубчатого колеса. В отличие от гладких микрометров зубомерный микрометр имеет тарельчатые измерительные поверхности, образующие две параллельные плоскости.

РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

К рычажно-механическим приборам относятся: индикаторы часового типа, индикаторные скобы, индикаторы многооборотные, рычажно-зубчатые измерительные головки, индикаторные нутромеры, рычажные скобы, рычажные микрометры, микрокаторы и оптикаторы. Эти приборы предназначены для контактных измерений относительным методом, а также могут применяться в диапазоне их шкал для абсолютных измерений.

Индикаторы часового типа. Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм с перемещением измерительного стержня параллельно шкале предназначен для относительных измерений наружных размеров, отклонений формы и расположения поверхностей (рис. 5, а). Он является также показывающим прибором индикаторной скобы, индикаторного глубиномера и индикаторного нутромера. На лицевой стороне циферблата индикатора имеются две стрелки и две шкалы; большая стрелка 1 над оцифрованной круговой шкалой 2 и малая стрелка 4 над отсчетной шкалой 5. Круговая шкала имеет цену деления 0,01 мм, а малая шкала — 1 мм. Перемещение измерительного стержня 6 на 1 мм вызывает поворот стрелки 1 на 100 делений (один полный оборот), а стрелки 4 на одно деление. Шкала 2 индикатора вместе с ободком при установке шкалы на нулевое деление поворачивается относительно большой стрелки 1 и фиксируется стопором 3.

Принцип действия индикатора основан на преобразовании с помощью зубчатой передачи линейных перемещений измерительного стержня 6 в угловые перемещения стрелок 1 и 4. Механизм индикатора (рис. 5, б) имеет зубчатую рейку 7, нарезанную на измерительном стержне 1; зубчатая рейка находится в зацеплении с зубчатым колесом 6, на одной оси с которым установлено колесо 5. От колеса 5 вращение передается на центральное зубчатое колесо 8 с закрепленной на его оси большой стрелкой 9, которая расположена над круговой шкалой 10. В зацеплении с колесом 8 находится и колесо 4, соединенное с пружиной 3, предназначенной для выбора зазора в передаче. Пружина 2 служит для создания измерительного усилия.

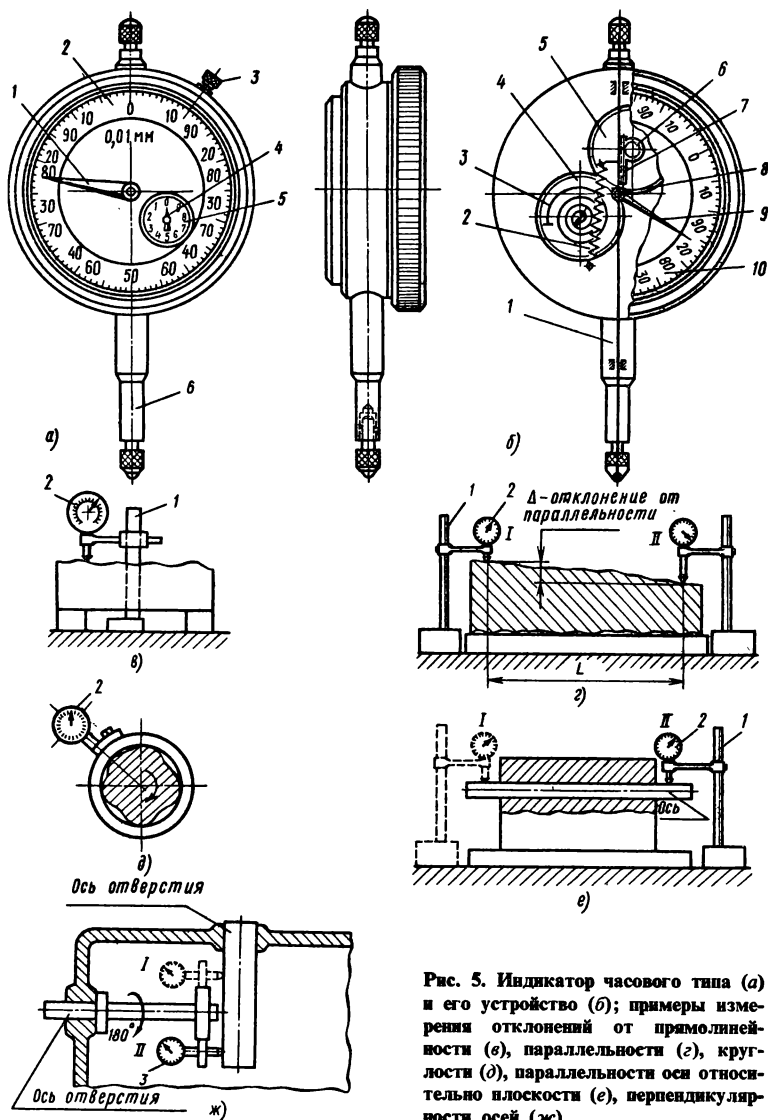


Рис. 5. Индикатор часового типа (а) и его устройство (б); примеры измерения отклонений от прямолинейности (в), параллельности (г), круглости (д), параллельности оси относительно плоскости (е), перпендикулярности осей (ж)

При измерениях индикатор часового типа закрепляют в кронштейне измерительной стойки. На рис. 5, *в—ж* показаны схемы измерения отклонений от прямолинейности, параллельности плоскостей, отклонения от круглости, отклонения параллельности оси относительно плоскости, отклонения от перпендикулярности осей. Схемы измерения биений приведены на рис. 2 гл. 3. После установки изделия на базовую плоскость подводят стойку 1 с закрепленным индикатором часового типа и устанавливают его так, чтобы измерительный наконечник соприкасался с контролируемой поверхностью с требуемым измерительным усилием (малая стрелка должна быть установлена на единицу шкалы). Освободив стопор 3, круговую шкалу поворачивают до совмещения 0 отметки с большой стрелкой, после чего шкалу фиксируют стопором. Прибор готов к измерениям. При измерении, например, отклонения от прямолинейности перемещают стойку с индикатором в положение II и производят отсчет по шкале. Разность показаний индикатора в положениях II и I принимают за действительное отклонение от прямолинейности поверхности.

Наряду с индикаторами часового типа широко применяют многооборотные индикаторы и рычажно-зубчатые головки, отличающиеся от индикаторов часового типа тем, что сочетают зубчатую передачу с рычажной, что позволило получить цену деления прибора 1 и 2 мкм.

Индикаторные нутромеры. Это наиболее распространенные приборы для измерения внутренних размеров изделий сравнительным методом. Их изготавливают с ценой деления 0,01 мм (ГОСТ 868—82); 0,001 и 0,002 мм (ГОСТ 9244—75).

Устройство нутромера приведено на рис. 6. В корпус 11 нутромера вставлена втулка 8, в которую с одной стороны ввернут неподвижный измерительный стержень 10, а с другой установлен подвижный стержень 1, воздействующий на рычаг 12, закрепленный на оси 2. Положение неподвижного стержня 10 фиксируется стопорной гайкой 9. Внутри трубки 4 размещен шток, который отжимается вниз измерительным стержнем индикатора часового типа 6 и спиральной пружиной 5. Шток 3 через шариковую опору 7 воздействует на рычаг 12, который отводит подвижный стержень 1 в крайнее левое положение, обеспечивая требуемое измерительное усилие. Центрирующий мостик 13 с двумя пружинами 14 служит для совмещения оси нутромера с диаметральной плоскостью отверстия. При измерении нутромер касается отверстия четырьмя точками: тремя подвижными и одной неподвижной. В зависимости от номинального размера контролируемого отверстия подбирается требуемый неподвижный измерительный стержень, который ввертывается в корпус нутромера и закрепляется гайкой 9; при этом риска, имеющаяся на подвижном стержне 1, должна совпадать с торцевой поверхностью втулки 8.

На номинальный размер нутромер устанавливается с помощью установочного кольца или собранного в трубку блока концевых мер длины с боковиками. При максимальном отклонении стрелки индикатора, найденном в результате покачивания нутромера, нуль шкалы

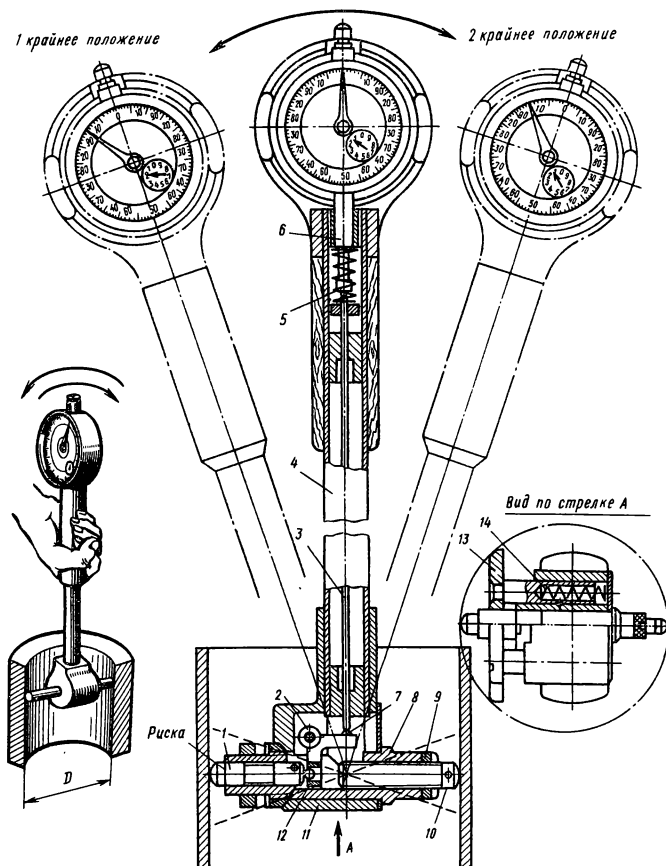


Рис. 6. Индикаторный нутромер

совмещается со стрелкой индикатора. Нутромер в измеряемое отверстие вводится осторожно при отжатом центрирующем мостике.

Придавая нутромеру положения, показанные на рис. 6 пунктиром (индикатор часового типа условно повернут на 90°), находят наибольшее отклонение стрелки индикатора часового типа и производят отсчет, при этом отклонение берется со знаком «минус», если стрелка индикатора переместилась вправо от нуля (действительный, т. е. фактический размер меньше номинального или установочного), и со знаком «плюс», если стрелка не дошла до нулевой отметки (действительный размер больше номинального).

Диаметр измеряемого отверстия равен алгебраической сумме номинального размера блока плоскопараллельных концевых мер длины, по которому был настроен нутромер, и отсчета от нулевого показания индикатора часового типа. На рис. 6 отклонение стрелки индикатора равно нулю, следовательно, диаметр отверстия равен номинальному размеру блока плоскопараллельных концевых мер длины. При установке на нуль индикатор часового типа должен иметь натяг 1–2 оборота большой стрелки.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ КАЛИБРЫ

Калибром называют бесшкальный измерительный инструмент, предназначенный для контроля (проверки) размеров или формы и взаимного расположения поверхностей детали. Поскольку размер детали ограничен двумя предельными размерами, для их контроля необходимо иметь два калибра, один из которых контролирует деталь по ее наибольшему, а другой по наименьшему предельным размерам. Такие калибры называются *предельными*. В отличие от приборов и универсальных измерительных инструментов, снабженных отсчетными устройствами (шкалой), калибры не определяют действительного значения контролируемого размера, а лишь устанавливают, находится ли контролируемый размер в пределах допуска. При контроле предельными калибрами детали сортируют на три группы: годные — с размерами, лежащими в поле допуска на изготовление, брак окончательный и брак исправимый. В зависимости от формы контролируемых деталей калибры подразделяются на гладкие, резьбовые, шлицевые и т. п. Наиболее многочисленны гладкие калибры. Их подразделяют на калибры для контроля валов (скобы и кольца) и калибры для контроля отверстий (пробки).

Калибры для контроля валов — скобы. Кольца применяют редко, так как они менее универсальны и не позволяют контролировать детали на станке, например размеры шеек коленчатого вала. Скобы имеют две стороны: проходную и непроходную (рис. 7, а). Они отличаются не только номинальными размерами, но и внешним видом (непроходная сторона скобы имеет фаски на измерительных губках). *Проходная сторона* ПР новой скобы должна входить на вал под действием собственной силы тяжести. Ее номинальный размер равен наибольшему предельному размеру вала ($ПР = d_{\max}$).

Если скоба ПР не проходит, то диаметр вала больше наибольшего допускаемого размера, и вал относят к исправимому браку, поскольку после дополнительной обработки размер вала может быть доведен до допускаемого.

Непроходная сторона НЕ не должна входить на вал. Ее номинальный размер равен наименьшему предельному размеру вала: ($НЕ = d_{\min}$). Если скоба НЕ проходит, то вал имеет размер меньше минимального допускаемого, следовательно, он должен быть отнесен к неисправимому, т. е. окончательному браку.

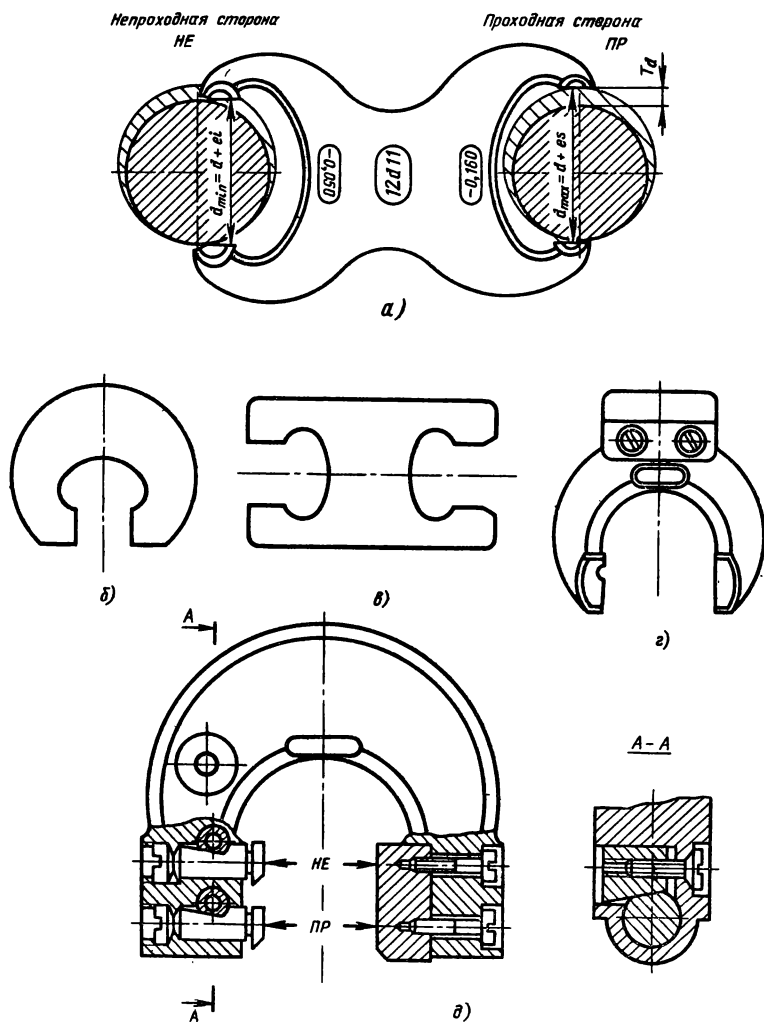


Рис. 7. Калибр-скоба (а); конструкции скоб: односторонняя листовая (б); двусторонняя листовая (в); литая (г); регулируемая (д)

Конструкции скоб многочисленны и разнообразны. Наиболее распространены скобы односторонние (рис. 7, б), двусторонние листовые (рис. 7, в), штампованные и литые (рис. 7, г), а также регулируемые (рис. 7, д). Регулируемые скобы можно переналадить на другой размер детали или восстановить размер по мере износа калибра. Это повышает срок службы скоб и снижает расходы на приобретение калибров. Регулировка размеров скобы достигается перемещением одной из вставок калибра.

Калибры для контроля отверстий. Проходная пробка ПР должна входить в контролируемое отверстие; ее номинальный размер ПР равен наименьшему предельному размеру отверстия $ПР = D_{\min}$. Если проходная пробка ПР не входит, то отверстие меньше наименьшего предельного размера и является исправимым браком, так как при дальнейшей обработке отверстия, его размер может быть увеличен до размера годной детали. Непроходная НЕ сторона калибра-пробки не должна входить в отверстие; ее номинальный размер НЕ равен наибольшему размеру отверстия, т. е. $НЕ = D_{\max}$. Если непроходная пробка проходит в отверстие, то это означает, что размер его больше наибольшего предельного размера и отверстие является окончательным браком.

Внешне непроходная пробка от проходной отличается меньшей высотой и наличием кольцевой выточки у головки калибра (рис. 8).

Конструкции пробок достаточно многообразны. Они бывают полного (рис. 8, а) и неполного (рис. 8, б) профилей, двусторонними и односторонними (рис. 8, в), со вставками (рис. 8, г) и в виде штихмассов-нутромеров (рис. 8, д).

На калибры наносят маркировку: номинальный размер детали, условное буквенное обозначение поля допуска детали (основного отклонения с номером качества), знаки и цифровые значения предельных отклонений детали (мм), обозначение стороны калибра — ПР (проходная) и НЕ (непроходная) и товарный знак завода-изготовителя.

Для контроля износа скоб (колец) и их размеров в процессе изготовления в квалитетах от IT6 до IT17 размером до 500 мм предусмотрены контрольные калибры трех видов:

К-ПР — *контркалибр-пробка* для контроля размера проходной ПР новой рабочей скобы; К-НЕ — *контркалибр-пробка* для контроля размера непроходной НЕ новой рабочей скобы; К-И — *контркалибр-пробка* для контроля износа проходной ПР скобы по наибольшему предельному износу. Если калибр К-И проходит через контролируемую скобу, то она изношена свыше установленного допуска и подлежит изъятию.

Допуски калибров (ГОСТ 24853—81). На изготовление всех видов калибров установлены допуски, обозначаемые латинскими буквами: H — для пробок (H_s — для калибров со сферическими измерительными поверхностями); H_1 — для скоб и H_p — для контркалибров.

В квалитетах от IT6 до IT10 включительно допуски H_1 для скоб примерно на 50 % больше допусков H для пробок, что объясняется

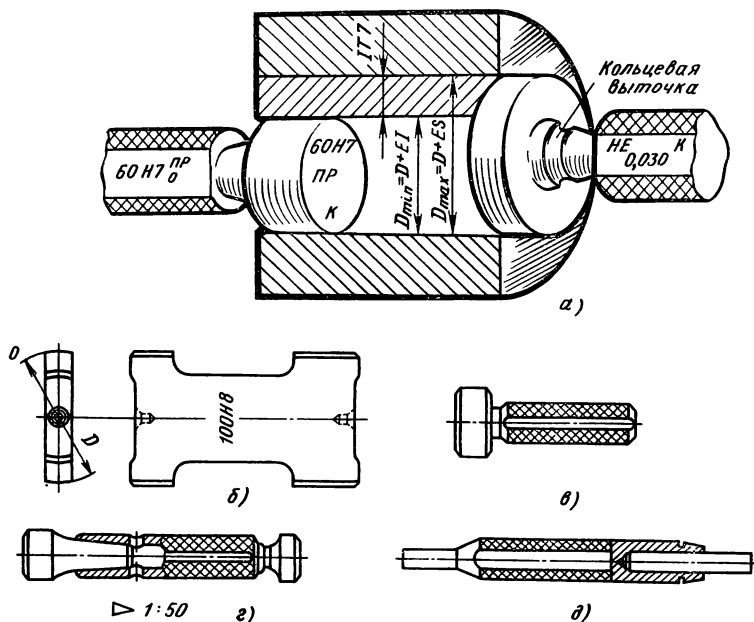


Рис. 8. Калибр-пробка (а); конструкции пробок: неполного профиля (б); односторонняя (в); со вставками (г); штихмасс (д)

большей сложностью изготовления скоб. В квалитетах $IT11$ и грубее принимают $H = H_1$.

Проходные калибры ПР в процессе эксплуатации изнашиваются. Величина износа калибров ПР ограничивается полем допуска детали, а для деталей с допусками до 8-го квалитета разрешается выход размера калибра — пробки (скобы) за этот предел на величину y (y_1). При номинальных размерах свыше 180 мм поле допуска калибра НЕ и граница износа проходного калибра ПР сдвигается внутрь поля допуска детали на дополнительную величину α или α_1 — так называемую «зону безопасности» (рис. 9, б и г). Сдвиг полей допусков калибров и границ износа их проходных сторон внутрь поля допуска детали на величину z или z_1 устраняет возможность искажения характера посадок и гарантирует получение размеров годных деталей в пределах установленных полей допусков. Допуски калибров 6–12-го квалитетов приведены в табл. 4.

Пример 2. Рассчитать исполнительные размеры калибров для контроля деталей соединения $145 \frac{F8}{h6}$.

Исполнительным размером называется размер калибра, простав-

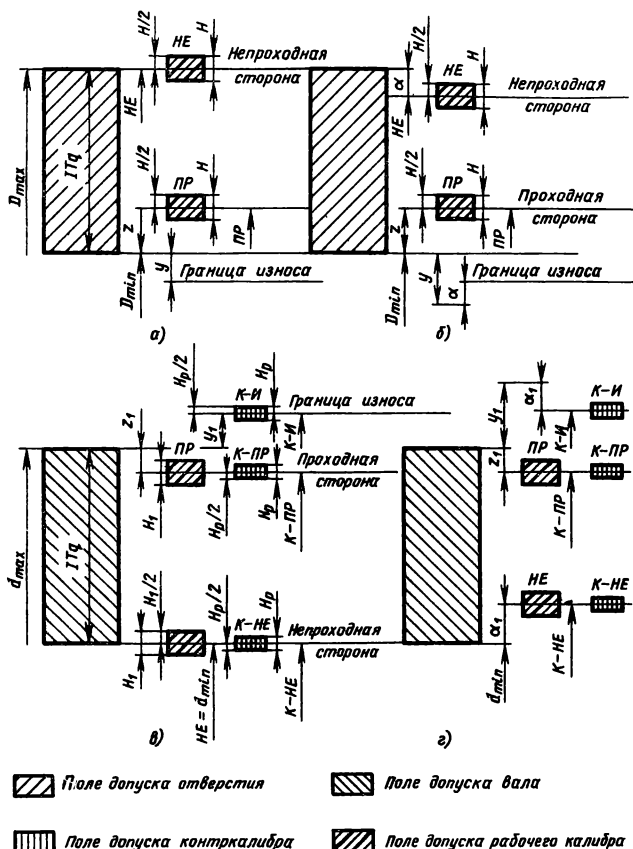


Рис. 9. Схема расположения полей допусков калибров:

для отверстий а — $D \leq 180$ мм; б — $D > 180$ мм; для валов: в — $d \leq 180$ мм; г — $d > 180$ мм

ленный на его чертеже. Для скобы таким размером является наименьший предельный ее размер, а для пробки — наибольший предельный размер.

Для пробки 145F8 из табл. 4 выписываем: $z = 9$; $H = 8$; $y = 6$ (мкм); $\alpha = 0$. Используя рис. 9, а для калибра-пробки, определяем:

наибольший размер проходной пробки

$$ПР_{\max} = D_{\min} + z + \frac{H}{2} = 145,043 + 0,009 + \frac{0,008}{2} = 145,056 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 145 + 0,043 = 145,043 \text{ мм};$$

4. Допуски гладких калибров, мкм

Ква- ли- теты	Обозна- чение	Интервалы размеров, мм												
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
IT 6	z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8
	y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5
	z_1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	y_1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7
	H, H_s	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
	H_1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
IT 7	z, z_1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	y, y_1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7
	H, H_1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_s	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
	H_p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
IT 8	z, z_1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	y, y_1	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
IT 9	z, z_1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
IT 10	z, z_1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
IT 11	z, z_1	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20
	H, H_1	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	H_s	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10

Продолжение табл. 4

Ква- ли- теты	Обозна- чение	Интервалы размеров, мм													
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
IT 12	z, z_1	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70	
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	30	20	35	
	H, H_1	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
	H_s	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
IT 13	z, z_1	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110	
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	
	H, H_1	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H_s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
IT 14	z, z_1	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	
	H, H_1	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H_s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	

исполнительный размер проходной пробки

$$ПР_{\max} = 145,056_{-0,008} \text{ мм};$$

наибольший размер непроходной пробки

$$HE_{\max} = D_{\max} - \alpha + \frac{H}{2} = 145,106 - 0 + \frac{0,008}{0,2} = 145,11 \text{ мм};$$

$$D_{\max} = D + ES = 145 + 0,106 = 145,106 \text{ мм};$$

исполнительный размер непроходной пробки

$$HE_{\max} = 145,11_{-0,008} \text{ мм}.$$

Для скоб 145h6 из табл. 4 выписываем

$$z_1 = 6 \text{ мкм}; \quad H_1 = 8 \text{ мкм}; \quad y_1 = 4 \text{ мкм}; \quad \alpha_1 = 0.$$

Используя рис. 9, в, для калибра-скобы имеем:

наименьший размер проходной скобы

$$ПР_{\min} = d_{\max} - z_1 - \frac{H_1}{2} = 145,000 - 0,006 - \frac{0,008}{2} = 144,990 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = 145 + (0) = 145,000 \text{ мм};$$

исполнительный размер проходной скобы

$$ПР_{\min} = 144,990^{+0,008} \text{ мм.}$$

Наименьший размер непроходной скобы

$$НЕ_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} + \alpha_1 = 144,975 - \frac{0,008}{2} + 0 = 144,971 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + el = 145 + (-0,025) = 144,975 \text{ мм};$$

исполнительный размер непроходной скобы

$$НЕ_{\min} = 144,971^{+0,008} \text{ мм.}$$

ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Средства измерения линейных размеров изделий выбирают с учетом следующих основных факторов: производственной программы; особенностей конструкции изделия и точности его изготовления (качества); погрешности выбранного измерительного средства и себестоимости измерения. Качество определяет допускаемую погрешность измерения (табл. 5).

В условиях единичного производства специальная контрольно-измерительная оснастка не применяется, а поэтому контроль размеров изделий производится преимущественно при помощи универсально-измерительных средств и приборов (штангенциркулей, микрометров, индикаторных нутромеров и т. п.). При серийном производстве основными средствами контроля размеров являются предельные калибры и шаблоны, а также полуавтоматические контрольные измерительные устройства.

Погрешность измерения не должна быть больше 20—30% от величины допуска на изготовление изделия. Эта погрешность включает влияние погрешностей установочных мер, средств измерения, базирования и колебания температуры и др.

Средства измерения характеризуются определенной величиной предельной погрешности. Например, согласно табл. 3 предельная погрешность гладкого микрометра типа МК-25 мм 2-го класса точности равна ± 4 мкм. При тщательном выборе средств измерения для размеров от 1 до 500 мм рекомендуется пользоваться общемашиностроительными типовыми руководящими материалами.

Из нескольких средств измерения одинаковой предельной погрешности следует выбирать такой прибор, который характеризуется наибольшей производительностью, надежностью, простотой обслуживания и наименьшей стоимостью.

Пример 3. Выбрать средства измерения для контроля размеров валов 20h6 и 20h14 в условиях единичного производства.

1. По табл. 5 по номинальному размеру 20 мм находим допускаемую погрешность измерений вала 6-го качества ($\delta = \pm 4$ мкм) и вала 14-го качества ($\delta = \pm 120$ мкм).

5. Допустимые погрешности измерения по ГОСТ 8.051—81, мкм

Ква- ли- тет	Номинальные размеры, мм												
	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
5	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{5}{1,6}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{8}{2,8}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{13}{4}$	$\frac{15}{5}$	$\frac{18}{6}$	$\frac{20}{6}$	$\frac{23}{8}$	$\frac{25}{9}$	$\frac{27}{9}$
6	$\frac{6}{1,8}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{11}{3}$	$\frac{13}{4}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{19}{5}$	$\frac{22}{6}$	$\frac{25}{7}$	$\frac{29}{8}$	$\frac{32}{10}$	$\frac{36}{10}$	$\frac{40}{12}$
7	$\frac{10}{3}$	$\frac{12}{3}$	$\frac{15}{4}$	$\frac{18}{5}$	$\frac{21}{6}$	$\frac{25}{7}$	$\frac{30}{9}$	$\frac{35}{10}$	$\frac{40}{12}$	$\frac{46}{12}$	$\frac{52}{14}$	$\frac{57}{16}$	$\frac{63}{18}$
8	$\frac{14}{3}$	$\frac{18}{4}$	$\frac{22}{5}$	$\frac{27}{7}$	$\frac{33}{8}$	$\frac{39}{10}$	$\frac{46}{12}$	$\frac{54}{12}$	$\frac{63}{16}$	$\frac{72}{18}$	$\frac{81}{20}$	$\frac{89}{24}$	$\frac{97}{26}$
9	$\frac{25}{6}$	$\frac{30}{8}$	$\frac{36}{9}$	$\frac{43}{10}$	$\frac{52}{12}$	$\frac{62}{16}$	$\frac{74}{18}$	$\frac{87}{20}$	$\frac{100}{30}$	$\frac{115}{30}$	$\frac{130}{30}$	$\frac{140}{40}$	$\frac{155}{40}$
10	$\frac{40}{8}$	$\frac{48}{10}$	$\frac{58}{12}$	$\frac{70}{14}$	$\frac{84}{18}$	$\frac{100}{20}$	$\frac{120}{30}$	$\frac{140}{30}$	$\frac{160}{40}$	$\frac{185}{40}$	$\frac{210}{50}$	$\frac{230}{50}$	$\frac{250}{50}$
11	$\frac{60}{12}$	$\frac{75}{16}$	$\frac{90}{18}$	$\frac{110}{30}$	$\frac{130}{30}$	$\frac{160}{40}$	$\frac{190}{40}$	$\frac{220}{50}$	$\frac{250}{50}$	$\frac{290}{60}$	$\frac{320}{70}$	$\frac{360}{80}$	$\frac{400}{80}$
12	$\frac{100}{20}$	$\frac{120}{30}$	$\frac{150}{30}$	$\frac{180}{40}$	$\frac{210}{50}$	$\frac{250}{50}$	$\frac{300}{60}$	$\frac{350}{70}$	$\frac{400}{80}$	$\frac{460}{100}$	$\frac{520}{120}$	$\frac{570}{120}$	$\frac{630}{140}$
13	$\frac{140}{30}$	$\frac{180}{40}$	$\frac{220}{50}$	$\frac{270}{60}$	$\frac{330}{70}$	$\frac{390}{80}$	$\frac{460}{100}$	$\frac{540}{120}$	$\frac{630}{140}$	$\frac{720}{160}$	$\frac{810}{180}$	$\frac{890}{180}$	$\frac{970}{200}$
14	$\frac{250}{50}$	$\frac{300}{60}$	$\frac{360}{80}$	$\frac{430}{90}$	$\frac{520}{120}$	$\frac{620}{140}$	$\frac{740}{160}$	$\frac{870}{180}$	$\frac{1000}{200}$	$\frac{1150}{240}$	$\frac{1300}{260}$	$\frac{1400}{280}$	$\frac{1550}{320}$
15	$\frac{400}{80}$	$\frac{480}{100}$	$\frac{580}{120}$	$\frac{700}{140}$	$\frac{840}{180}$	$\frac{1000}{200}$	$\frac{1200}{240}$	$\frac{1400}{280}$	$\frac{1600}{320}$	$\frac{1850}{380}$	$\frac{2100}{440}$	$\frac{2300}{460}$	$\frac{2500}{500}$

Примечание. В числителе дан допуск IT квалитета, в знаменателе — допустимая погрешность измерения δ , мкм.

2. Согласно табл. 2 и 3 найденные предельные погрешности имеют следующие измерительные приборы: штангенциркуль ШЦ—I или ШЦ—II (± 100 мкм) и микрометр гладкий типа МК с диапазоном измерений от 0 до 25 мм 2-го класса точности (± 4 мкм).

3. Для измерения размера вала $\varnothing 20h6$ (6-го квалитета) следует выбрать гладкий микрометр типа МК-25 ГОСТ 6507—78, а для измерения диаметра вала $\varnothing 20h14$ (14-го квалитета) — штангенциркуль ШЦ—I—125 с нониусом 0,1 мм ГОСТ 166—80.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Б

База 118
Базовая длина 131, 135
Базорасстояние конуса 240
Биение радиальное 126, 127
— торцовое 126, 127
Бочкообразность 109, 114

В

Взаимозаменяемость групповая 6, 277, 278
— неполная 6, 275
— полная 6, 271, 272
Вогнутость 109, 110
Волнистость поверхности 141—143

Г

Глубиномер микрометрический 304

Д

Деление шкалы. Цена 295
Диапазон показаний (измерений) 296
Длина свинчивания 191—223
Допуск групповой 278
— зависимый 128, 129
— звена размерной цепи 272, 273
— качества 23, 26—29
— круглости 114, 115
— наклона 121, 125
— независимый 128
— параллельности 111, 119, 125
— пересечения осей 124, 125, 128
— перпендикулярности 120, 125
— плоскостности 109, 110
— позиционный 283, 286
— прямолинейности 110, 111
— радиального биения 126—128
— размера 12
— расположения поверхностей 118—124
— симметричности 123, 125, 128
— соосности 122, 125, 128
— торцового биения 126, 127
— формы поверхностей 107, 116
— цилиндричности 112, 113, 115
Допуски деталей из пластмасс 287—292
— калибров 311, 314, 315
— классов точности 26—29
— конических соединений 239—245
— метрических резьб: с зазорами 201—222; с натягами 223—228
— на зубчатые колеса 249, 250
— подшипников качения 144—159
— посадок 12, 17
— размеров 12—14
— расположения осей отверстий под крепежные детали 283—286

— угловых размеров 234—239
— шлицевых прямобоочных соединений 167—171
— шлицевых эвольвентных соединений 174—189
— шпоночных соединений 160—166
Допуск суммарный среднего диаметра резьбы 205
— эвольвентных шлицевых соединений 182

Е

Единица допуска 43

З

Зазор 14
Законы рассеяния действительных размеров 276
Звено размерной цепи замыкающее 264
— увеличивающее 265
— уменьшающее 265

И

Измерения 293
— косвенные 294
— прямые 294
Индикатор часового типа 305, 306
Интервал доверительный 294
Интервалы номинальных размеров 20, 24, 25

К

Калибр предельный 309
Калибр-скоба 309—311
Калибр-пробка 311, 312
Качество точности 20, 23, 182
Классы точности гладких элементов деталей 43
— резьб 203
— подшипников качения 144—150
Колесо зубчатое — Параметры 246, 247
— Сопряжения 250
— Точность 262
Компенсаторы 282
Контакт зубьев 256, 257
— Отклонение от параллельности осей 257
— Перекос осей 257
— Погрешность направления зуба 257
— Пятна контактные 256
Конусность 237
Конусообразность 109, 114

Л

Линия нулевая 7

М

- Мера 295
- Мера длины 297
- Методы измерения 294, 295
- Методы решения задач размерных цепей — Вероятностный 268, 270, 271
- Взаимозаменяемости: групповой 277, неполной 275, полной 271, 272
- Максимума-минимума 268
- Пригонки 280, 281
- Регулирования 281, 282
- Метрология 293
- Микрометр 302, 303
- Модуль 247

Н

- Нарезание резьбы — Диаметры отверстий под резьбу 221, 222
- Диаметры стержней под резьбу 219, 220
- Натяг 14
- наибольший 17
- наименьший 17
- Неровности поверхности 139
- Нотшус 229
- Норма бокового зазора 250, 259, 260, 262 — Допуск на смещение исходного контура 260
- Предельные отклонения измерительного межосевого расстояния 262
- Смещение исходного контура 258, 259
- Норма кинематической точности 249, 250
- контакта зубьев 249
- плавности работы 249, 254—256
- Нутромер индикаторный 307, 308 — микрометрический 304

О

- Овальность 109, 115
- Огранка 109, 115
- Окружность прилегающая 108
- Отклонение верхнее 12
- действительное 12
- нижнее 12
- предельное 12
- суммарное шлицевых эвольвентных соединений 182
- Отклонение расположения поверхностей — Наклона плоскости 121
- от параллельности 119
- от пересечения осей 124
- от перпендикулярности 120
- от симметричности 123
- от соосности 121, 122
- Отклонение формы поверхностей от круглости 109, 114, 115, 243

- от плоскостности 109
- от цилиндричности 109, 112, 113
- Профиля продольного сечения 109, 113
- Отклонения валов 44—51, 56—61, 64—82, 84—87
- отверстий 38—41, 88—91
- Отклонения конусов от прямолинейности 243
- осевые 245
- угла и формы 243
- Отклонения основных валов и отверстий 32, 33
- Отклонения параметров зубчатых колес — Длины общей нормали 260
- Межосевого расстояния 251, 262
- Шага зацепления 255

П

- Передачи зубчатые отсчетные 248
- силовые 249
- скоростные 248
- Плоскость базовая 240
- основная 240
- прилегающая 108
- Поверхность номинальная 107
- прилегающая 107, 108
- реальная 107
- Погрешность измерения 244, 293, 316, 317
- резьбы 205
- Погрешность кинематическая передачи (колеса) 251
- местная 255
- направления зуба 257
- обката 252, 254
- профиля зуба 255, 256
- Поле допусков расположения поверхностей — Биения 126, 127
- Наклона 121
- Параллельности 119
- Перпендикулярности 120
- Симметричности 123
- Поле допусков формы поверхностей — Круглости 114
- Плоскостности 109
- Профиля продольного сечения 13
- Цилиндричности 113
- Поля допусков валов 31—92
- переходных посадок 42
- посадок с натягом 62
- посадок с зазором 52, 53
- Поля допусков калибров 313
- конусов 241
- подшипников качения 151—157
- Поля допусков отверстий переходных посадок 63
- посадок с натягом 78
- посадок с зазором 78

Поля допусков резьб — Внутренней цилиндрической резьбы 232

— Внутренней резьбы с зазорами 212 — 215

— Метрической резьбы 201—204

— Наружной резьбы с зазором 206 — 211

— При переходной посадке 229

Поля допусков соединений конических 239—245

— резьбовых 201—233

— шлицевых прямобочных 172, 173

— шлицевых эвольвентных 174—189

— шпоночных 160—166

Посадки в резьбовом соединении 217

— в системе отверстия и вала 20—22, 93, 99—102

— деталей из пластмасс 287—292

— метрических резьб: переходные 223, 228—233; с зазором 217; с натягом 223—226

— переходные 44—47, 68—73, 92, 97

— подшипников качения 144—159

— с большими зазорами 54, 79, 80

— с зазорами 48—51, 74—77, 92, 93

— с натягом 56—61, 81, 82, 92, 97

— соединений: шлицевых прямобочных 172, 173; шлицевых эвольвентных 174—189; шпоночных 160—166

— с фиксацией 244, 245

Поправка 296

Предел измерений 295

Прибор измерительный 295

Притираемость ПМКД 297, 298

Профиль номинальный 107

— реальный 107

— резьбы 191

— прилегающий 107, 108

Р

Размер действительный 7

— номинальный 7

— нормальный 7 — Ряды 9—11

— предельный 7

Резьба метрическая коническая 231—233

— Нарезание 219—222

— Обозначение 239

— Основная плоскость 231

— Основные размеры 194—201

— Отклонения по среднему диаметру 231

— Параметры 190—201

— Приведенный средний диаметр 205

С

Сборка деталей селективная 6, 224, 277

— с пригонкой 6

— с регулированием 6

Седлообразность 109, 114

Система вала 20, 64—82, 92

— отверстия 20, 44—61, 92

Соединение коническое резьбовое 232 — крепежных деталей 283

Соединения зубчатые 246—262

— конические 239—245

— резьбовые 190

— шлицевые: прямобочные 167—174; эвольвентные 174—189

— шпоночные 160—166

— цилиндрические 7, 23—105

Степени точности 20, 43, 182

— для углов 236

— зубчатых колес 248—251

— резьбовых деталей 201, 202

Т

Точность кинематическая передачи 251—254

— колеса 253

— Колебание: измерительного межосевого расстояния 254; длины общей нормали 254

— Радиальное биение зубчатого венца 254

У

Угол профиля 191

Ц

Цепь размерная. Классификация 263—282

Ч

Число единиц допуска 23, 24

Ш

Шаг зацепления 247

— неровностей 132

— резьбы 191

Шероховатость поверхности 106—137—Обозначение на чертежах 137—141—Параметры 132—135

— посадочных поверхностей под подшипники качения 158

Штангенинструменты 299—302



1р. 30к.



· МАШИНОСТРОЕНИЕ ·