

### 13. Применение Системы допусков и посадок (ЕСДП) для гладких цилиндрических и плоских соединений

#### 13.1.1 Общие положения

Все детали машин и механизмов изготавливаются по размерам, указанным в рабочих чертежах деталей. Размер – это числовое значение линейной величины (диаметра, ширины, длины и т.д.) в выбранных единицах измерения (в метрической системе измерений – в миллиметрах). Различают номинальный, действительный и предельный размеры элементов деталей.

Номинальные размеры имеют допустимые отклонения (верхнее и нижнее). Различают отклонения размеров действительные и предельные. Действительное отклонение – это алгебраическая разность между действительным и соответствующим номинальным размерами; предельное отклонение – это алгебраическая разность между предельным и соответствующим номинальным размерами. Верхнее отклонение размера есть алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами. Нижнее отклонение размера – алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами.

Допуск размера – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями размера.

В соответствии с требуемой точностью исполнения номинальных размеров детали установлены 19 квалитетов точности, каждый из которых рассматривается как соответствующий одному уровню точности для всех номинальных размеров. Наибольшее распространение получили квалитеты от 6-го до 15-го, расположенные в порядке убывания точности.

При графическом изображении поля допуска отклонение размера откладывают от нулевой линии: при расположении нулевой линии горизонтально положительные отклонения откладывают вверх от неё, а отрицательные – вниз (рис. 13.1).

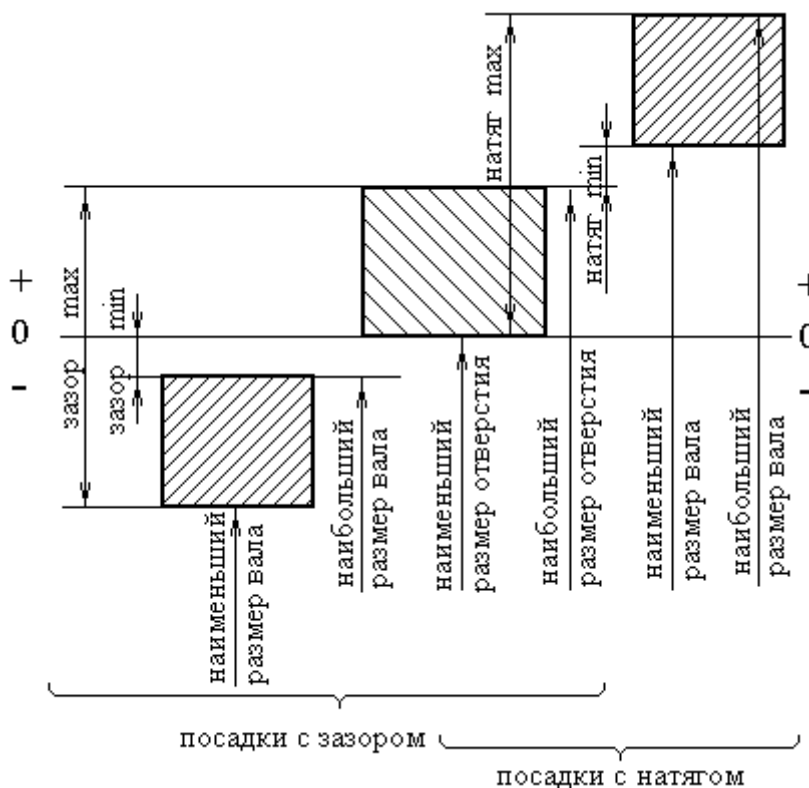


Рис.13.1

Детали, составляющие машину или отдельный механизм, связаны между собой тем или иным способом. Эти связи разделяют на подвижные (шарниры, зацепления, подшипники и пр.) и неподвижные (резьбовые, шпоночные, сварные и др.). Неподвижные связи деталей в технике называют соединениями. Характер соединения деталей называют посадкой. Характеризует посадку разность действительных размеров деталей до сборки.

Посадки могут обеспечивать в соединении гарантированный зазор или гарантированный натяг (см. рис. 13.1). Группа переходных посадок может иметь или зазор в соединении деталей, или натяг (см. рис.13.2) в зависимости от действительных размеров деталей типа "Вал" (охватываемая поверхность 2) и "Втулка" (охватываемая поверхность 1).

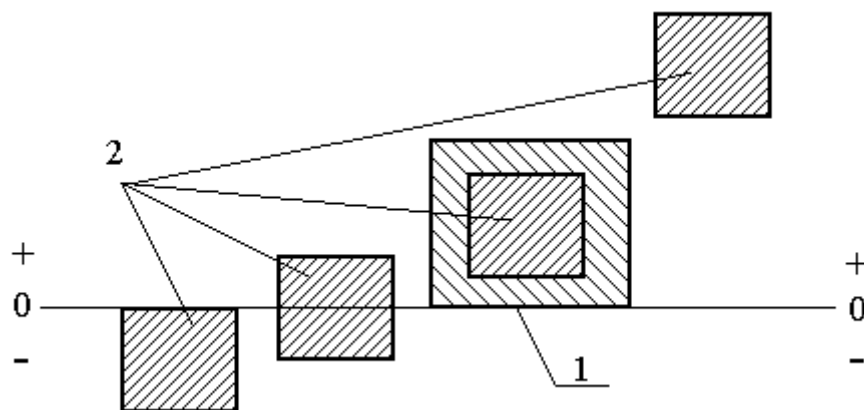


Рис.13.2

Разнообразные посадки удобно получать, изменяя положение относительно нулевой линии поля допуска или вала, или отверстия, оставляя положение поля допуска одной детали неизменным. Деталь, у которой положение поля допуска остаётся без изменения и не зависит от вида посадки, называют основной деталью системы. Если этой деталью является охватываемая ("Втулка"), то соединение выполнено в системе отверстия, что чаще всего является предпочтительным (см. рис.13.1). Если же основной деталью является охватываемая деталь ("Вал"), то соединение выполнено в системе вала. У основного отверстия нижнее отклонение размера  $EI = 0$ , а поле допуска направлено в сторону увеличения номинального размера. У основного вала верхнее отклонение размера  $es = 0$ , а поле допуска направлено в сторону уменьшения номинального размера.

Основные отклонения размеров обозначают буквами латинского алфавита: для отверстий – прописными  $A, B, C, D, E, H$  и т.д., для вала – строчными  $a, b, c, d, e, f, g, h$  и т.д.

Для посадок с гарантированным зазором, когда наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему, рекомендуют применять неосновные валы с отклонениями размеров  $d, f, g, h$ ; для переходных посадок – валы  $j_s, k, m, n$ . Для посадок с гарантированным натягом, когда наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему, рекомендуют назначать неосновные валы с отклонениями размера  $p, r, s, t$ .

Посадки в цилиндрических соединениях деталей обозначают комбинациями условных обозначений полей допусков (например,  $\varnothing 40 \frac{H7}{f6}$  – в системе отверстия;  $\varnothing 40 \frac{F7}{h6}$  – та же посадка в системе вала).

Взаимозаменяемость деталей по геометрическим параметрам обеспечивается стандартной системой допусков и посадок - ЕСДП.

Номинальные размеры, как правило, округляют до ближайшего числа из ряда чисел предпочтительного применения в соответствии с ГОСТ 6636-69, СТ СЭВ 514-77 (таблица 13.1). В таблице 13.1 звездочкой (\*) отмечены размеры посадочных мест под подшипники, но не рекомендуемые для применения в других случаях.

Таблица 13.1. Размеры нормальные линейные (ГОСТ 6636-69), мм

3,2	5,0	8,0	12	20	32	47*	62*	80	125	200	320	480
3,4	5,3	8,5	13	21	34	48	63	85	130	210	340	500
3,6	5,6	9,0	14	22	35*	50	65*	90	140	220	340	530
3,8	6,0	9,5	15	24	36	52*	67	95	150	240	360	560
4,0	6,3	10	16	25	38	53	70*	100	160	250	380	600
4,2	6,7	10,5	17	26	40	55*	71	105	170	260	400	630
4,5	7,1	11	18	28	42	56	72*	110	180	280	420	670
4,8	7,5	11,5	19	30	45	60	75	120	190	300	450	710

Звездочкой (\*) помечены размеры посадочных мест для подшипников качения.

В других случаях их использование не рекомендуется

Для построения систем допусков и посадок установлена *единица допуска*  $i$ , величина которой зависит от значений крайних размеров интервала, в который входит рассматриваемый размер. С помощью единицы допуска выражается зависимость допуска ISO - IT, положенного в основу ЕСДП СЭВ, от номинального размера и качества (класса точности). Значения допусков стандартизованы для размеров до 500 мм ГОСТ 25346-82, для размеров свыше 500 мм - ГОСТ 25348-82. В таблице 13.2 приведена выборка из ГОСТ 25346-82.

Таблица 13.2. Значения допусков для размеров до 500 мм (ГОСТ 25346-82)

Номинальный размер, мм	Квалитеты										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Допуск, IT, мкм										
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	
Св. 6 до 10	6	8	15	22	36	58	90	150	220	360	
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	

При конструировании машин и механизмов очень важно рационально выбрать систему посадок и назначить посадки, определяющие характер соединения деталей, так как это во многом определит работоспособность сконструированной машины или механизма.

Не менее важно правильно проставить посадочные (сопряженные) размеры на сборочных чертежах и предельные отклонения размеров деталей на рабочих чертежах.

### 13.1.2 Выбор системы посадок

Различные посадки можно осуществить, используя *две основные системы*:

1) *систему отверстия* (основное отверстие выполняют с допуском по H в соответствующем квалитете);

2) *систему вала* (основной вал выполняют по h в соответствующем квалитете).

Система отверстия должна иметь преимущественное применение, а систему вала следует применять лишь в следующих случаях:

а) при использовании деталей из пруткового калиброванного материала без обработки резанием сопрягаемых поверхностей;

б) при необходимости расположения на длинных валах постоянного сечения (на деталях цилиндрической формы) нескольких деталей с различными посадками;

в) при использовании стандартных деталей и сборочных единиц с посадочными размерами, выполненными в системе вала, *например: в соединениях наружных колец подшипников качения с отверстиями корпуса, шпонок с пазами на втулке и на валу и т.п.*

В технически обоснованных случаях применяют *внесистемные посадки*, то есть посадки, в которых допуски на отверстие выполняются в системе вала, а допуски на вал - в системе отверстия. Такие посадки применяют в тех случаях когда на вал, выполненный с допуском, отличным от h, необходимо посадить детали с различными характеристиками зазоров (*например, на участок вала, выполненный с допуском k6, устанавливают распорную втулку, выполненную по внутреннему диаметру с допуском F8*).

### 13.1.3 Выбор посадок

Наиболее употребительные посадки приведены в таблице 13.3.

Таблица 13.3

Сопрягаемые детали и условия работы соединения	Посадка
Крышки подшипников качения торцовые с отверстием для манжетного уплотнения в корпусах. Соединения с валом на шпонке колес, муфт, шкивов при невысоких требованиях к точности механизма	H7/h8; H8/h8; H9/h8; H9/h9
Крышки подшипников качения глухие в корпусах	H7/h10; H8/d10;
Стаканы подшипников в корпусах. Небольшие шкивы на концах валов при частом демонтаже и монтаже	H7/j <sub>s</sub> 6
Зубчатые колеса, звездочки цепных передач, шкивы на валах редукторов при частом демонтаже и монтаже	H7/k6
Зубчатые колеса, звездочки цепных передач, шкивы на валах редукторов при тяжело нагруженных передачах и редкой разборке. Бронзовые венцы червячных колес на чугунных ступицах	H7/n6
Распорные втулки на валах.	H8/h8; F8/k6; F8/n6;
Соединение шпонки со втулкой	J <sub>s</sub> 9/h9
Соединение шпонки с валом	N9/h9; P9/h9

Из 19 квалитетов, предусмотренных стандартом СТ СЭВ 144-75, квалитеты с 5-го по 13-й следует использовать для сопрягаемых размеров, а с 14-го по 17-й - для несопрягаемых размеров.

#### 13.1.4 Предельные отклонения размеров

Предельные отклонения размеров на чертежах могут указываться одним из трех способов:

1. условными обозначениями полей допусков, например: 45f7, 80H8;

2. числовыми значениями предельных отклонений, например:  $45^{+0,021}$ ;  $75_{-0,045}^{-0,025}$ ;  $75_{-0,075}$ ; при этом отклонение (верхнее или нижнее), равное нулю, не проставляется;

3. смешанным способом, то есть после числового значения номинального размера проставляется условное обозначение поля допуска, а за ним в круглых скобках - числовые значения предельных отклонений, например:  $50f7^{(-0,025)}_{(-0,050)}$ .

При учебном проектировании следует применять 3-й способ.

Структура условного обозначения посадочного размера на сборочном чертеже должна иметь следующий вид:

$$AB \frac{CD}{EF} \text{ или } AB \ CD \ EF$$

где А - знак обозначающий вид поверхности сопряжения;

В - номинальный размер, единый для отверстия и вала, мм;

С - буква (или буквы) условного обозначения поля допуска отверстия;

Д - номер квалитета поля допуска отверстия;

Е - буква (или буквы) условного обозначения поля допуска вала;

Ф - номер квалитета поля допуска вала.

Например:  $\varnothing \frac{H7}{f7}$ ;  $\varnothing \frac{F7}{h7}$ ;  $\varnothing \frac{F7}{k7}$ ;  $\varnothing 45H7/f7$ ;  $\varnothing 45F7/h6$ ;  $\varnothing 45F7/k6$

Выборка предельных отклонений из ГОСТ 25347-82 приведена в таблицах 13.4, 13.5.

Таблица 13.4. Предельные отклонения отверстий по ГОСТ 25347-82

Поля допусков	Номинальные размеры, мм										
	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
	Предельные отклонения отверстий, мкм										

Основные отверстия

H5	+5 0	+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+15 0	+18 0	+20 0	+23 0	+25 0
H6	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0	+25 0	+29 0	+32 0	+36 0
H7	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0
H8	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0	+81 0	+89 0
H9	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0	+100 0	+115 0	+130 0	+140 0
H11	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0	+290 0	+320 0	+360 0
H12	+120 0	+150 0	+180 0	+210 0	+250 0	+300 0	+350 0	+400 0	+460 0	+520 0	+570 0
H14	+300 0	+360 0	+430 0	+520 0	+620 0	+740 0	+870 0	+1000 0	+1150 0	+1300 0	+1400 0
H15	+480 0	+580 0	+700 0	+840 0	+1000 0	+1200 0	+1400 0	+1600 0	+1850 0	+2100 0	+2300 0
F7	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+71 +36	+83 +43	+96 +50	+108 +56	+119 +62
F8	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25	+76 +30	+90 +36	+106 +43	+122 +50	+137 +56	+151 +62
F9	+40 +10	+49 +13	+59 +16	+72 +20	+87 +25	+104 +30	+123 +36	+143 +43	+165 +50	+186 +56	+202 +62
G7	+16 +4	+20 +5	+14 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+47 +12	+54 +14	+61 +15	+69 +17	+75 +18
J6	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6	+13 -6	+16 -6	+18 -7	+22 -7	+25 -7	+29 -7
J7	+6 -6	+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+22 -13	+26 -14	+30 -16	+36 -16	+39 -18
J <sub>s</sub> 6	+4,0 -4,0	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8,0 -8,0	+9,5 -9,5	+11,0 -11,0	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5	+16,0 -16,0	+18,0 -18,0
J <sub>s</sub> 7	+6 -6	+7 -7	+9 -9	+10 -10	+12 -12	+15 -15	+17 -17	+20 -20	+23 -23	+26 -26	+28 -28
J <sub>s</sub> 8	+9 -9	+11 -11	+13 -13	+16 -16	+19 -19	+23 -23	+27 -27	+31 -31	+36 -36	+40 -40	+44 -44
J <sub>s</sub> 9	+15 -15	+18 -18	+21 -24	+26 -26	+31 -31	+37 -37	+43 -43	+50 -50	+57 -57	+65 -65	+70 -70
K6	+2 -6	+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -18	+4 -21	+5 -24	+5 -27	+7 -29
K7	+3 -9	+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21	+10 -25	+12 -28	+13 -33	+16 -36	+17 -40
K8	+5 -13	+6 -16	+8 -19	+10 -23	+12 -27	+14 -32	+16 -38	+20 -43	+22 -50	+25 -56	+28 -61
M6	-1 -9	-3 -12	-4 -15	-4 -17	-4 -20	-5 -24	-6 -28	-8 -33	-8 -37	-9 -41	-10 -46
M7	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57
M8	+2 -16	+1 -21	+2 -25	+4 -29	+5 -34	+5 -41	+6 -48	+8 -55	+9 -63	+9 -72	+11 -78
N6	-5 -13	-7 -16	-9 -20	-11 -24	-12 -28	-14 -33	-16 -38	-20 -45	-22 -51	-25 -57	-26 -62

N7	-4 -16	-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39	-10 -45	-12 -52	-14 -60	-14 -66	-16 -73
N8	-2 -20	-3 -25	-3 -30	-3 -36	-3 -42	-4 -50	-4 -58	-4 -67	-5 -77	-5 -86	-5 -94
N9	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115	- -	- -
P7	-8 -20	-9 -27	-11 -29	-14 -35	-17 -42	-21 -51	-24 -59	-28 -68	-33 -79	-36 -88	-41 -98
P9	-12 -42	-15 -51	-18 -61	-22 -74	-26 -88	-32 -106	-37 -124	-43 -143	-50 -165	- -	- -

Таблица 13.5. Предельные отклонения валов по ГОСТ 25347-82

Поля допусков	Номинальные размеры, мм										
	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
	Предельные отклонения валов, мкм										
Основные валы											
h5	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -25
h6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29	0 -32	0 -36
h7	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57
h8	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -46	0 -54	0 -63	0 -72	0 -81	0 -89
h9	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115	0 -130	0 -140
h10	0 -48	0 -58	0 -70	0 -84	0 -100	0 -120	0 -140	0 -160	0 -185	0 -210	0 -230
h11	0 -75	0 -90	0 -110	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220	0 -250	0 -290	0 -320	0 -360
h12	0 -120	0 -150	0 -180	0 -210	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -460	0 -520	0 -570
h13	0 -180	0 -220	0 -270	0 -330	0 -390	0 -460	0 -540	0 -630	0 -720	0 -810	0 -890
h14	0 -300	0 -360	0 -430	0 -520	0 -620	0 -740	0 -870	0 -1000	0 -1150	0 -1300	0 -1400
d8	-30 -48	-40 -62	-50 -77	-65 -98	-80 -119	-100 -146	-120 -174	-145 -208	-170 -242	-190 -271	-210 -299
d9	-30 -60	-40 -76	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285	-190 -320	-210 -350
d10	-30 -78	-40 -98	-50 -120	-65 -149	-80 -180	-100 -220	-120 -260	-145 -305	-170 -355	-190 -400	-210 -440
d11	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460	-190 -510	-210 -570
e7	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-72 -107	-85 -125	-100 -146	-110 -162	-125 -182
e8	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	-85 -148	-100 -172	-110 -191	-125 -214
e9	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -112	-60 -134	-72 -159	-85 -185	-100 -215	-110 -240	-125 -265
f6	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98

f7	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96	-56 -108	-62 -119
f8	-10 -28	-13 -35	-16 -43	-20 -53	-25 -64	-30 -76	-36 -90	-43 -106	-50 -122	-56 -137	-62 -151
f9	-10 -40	-13 -49	-16 -59	-20 -72	-25 -87	-30 -104	-36 -123	-43 -143	-50 -165	-56 -186	-62 -202
g6	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44	-17 -49	-18 -54
js6	+4,0 -4,0	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8,0 -8,0	+9,5 -9,5	+11,0 -11,0	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5	+16,0 -16,0	+18,0 -18,0
js7	+6 -6	+7 -7	+9 -9	+10 -10	+12 -12	+15 -15	+17 -17	+20 -20	+23 -23	+26 -26	+28 -28
j6	+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9	+14 -11	+16 -13	+16 -13	+18 -18
j7	+8 -4	+10 -5	+12 -6	+13 -8	+15 -10	+18 -12	+20 -15	+22 -18	+25 -21	+26 -26	+29 -28
k5	+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+18 +3	+21 +3	+24 +4	+27 +4	+29 +4
k6	+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3	+28 +3	+33 +4	+36 +4	+40 +4
k7	+13 +1	+16 +1	+19 +1	+23 +2	+27 +2	+32 +3	+38 +3	+43 +3	+50 +4	+56 +4	+61 +4
m6	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +12	+40 +15	+46 +17	+52 +20	+57 21
m7	+16 +4	+21 +6	+25 +7	+29 +8	+34 +9	+41 +11	+48 +13	+55 +15	+63 +17	+72 +20	+78 +21
n6	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+45 +23	+52 +27	+60 +31	+66 +34	+73 +37
n7	+20 +8	+25 +10	+30 +12	+36 +15	+42 +17	+50 +20	+58 +23	+67 +27	+77 +31	+86 +34	+94 +37
p6	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37	+68 +43	+79 +50	+88 +56	+98 +62

Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками должны назначаться в соответствии с ГОСТ 25670-83. Для линейных размеров их следует выбирать по квалитетам - от 12-го до 17-го для номинальных размеров от 1 мм до 10 000 мм и от 11-го до 13-го для размеров менее 1 мм. В общей записи допускается оговаривать неуказанные симметричные предельные отклонения по квалитетам (+IT/2) (см. таблицу 13.2). Для металлических деталей, обрабатываемых резанием, отклонения назначают по 14-му квалитету.

Неуказанные предельные отклонения дают в одной общей записи в технических требованиях чертежа при условии, что эта запись однозначно определяет величины и направления (знаки) предельных отклонений. Например: "Неуказанные предельные отклонения размеров H14, h14, +IT14/2". В этой записи H14 - предельные отклонения отверстий, h14 - предельные отклонения валов, +IT14/2 - предельные отклонения размеров, не относящихся к отверстиям и к валам.

Предельные отклонения радиусов закруглений и фасок не оговариваются отдельно, а определяются ГОСТ 25670-83 в зависимости от квалитета неуказанных предельных отклонений линейных размеров (таблица 13.6).

Таблица 13.6. Предельные отклонения радиусов закруглений и фасок (ГОСТ 25670-83)

Неуказанные предельные отклонения линейных размеров по квалитетам	Интервалы номинальных размеров, мм				
	от 0,3 до 1,0	св. 1 до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 30	св. 30 до 120
	Предельные отклонения радиусов закруглений и фасок, мм				
от 12 до 16	60,1	60,2	60,3	60,5	61,0
17	-	60,3	60,5	61,0	62,0



Допуски на угловые размеры приведены в таблице 13.7. В конце таблицы приведены рекомендации по применению степеней точности на угловые размеры деталей.

Таблица 13.7. Допуски на угловые размеры (ГОСТ 8908-81)

Интервалы длин меньшей стороны угла или образующей конуса, мм		Виды предельных отклонений	Предельные отклонения углов $\delta$ (в угловых величинах) и предельные отклонения углов $a$ (в линейных величинах, мкм) для степеней точности						
			3	4	5	6	7	8	9
До 3	$\delta/2$	1'30"	2'30"	4'	6'	10'	25'	1°	2°30"
	$a/2$	1,4	2,3	3,6	5,4	9	22,5	54	135
Св. 3 до 5	$\delta/2$	1'15"	2'	3'	5'	8	20'	50'	2°
	$a/2$	1,1 1,9	1,8 3	2,7 4,5	4,5 7,5	7,2 12	18 30	45 75	108 180
Св. 5 до 8	$\delta/2$	1'	1'30"	2'30"	4'	6'	15'	40'	1°30'
	$a/2$	1,5 2,4	2,3 3,6	3,8 6	6 9,6	9 14,4	22,5 36	60 96	135 216
Св. 8 до 12	$\delta/2$	50"	1'15"	2'	3'	5'	12'	30'	1°15'
	$a/2$	2 3	3 4,5	4,8 7,2	7,2 10,8	12 18	28,8 43,2	72 108	180 270
Св. 12 до 20	$\delta/2$	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	10'	25'	1°
	$a/2$	2,4 4	3,6 6	5,5 9	9 15	14,5 24	36 60	90 150	216 360
Св. 20 до 32	$\delta/2$	30"	50"	1'15"	2'	3'	8'	20'	50'
	$a/2$	3 4,8	5 8	7,5 12	12 19	18 29	48 77	120 192	300 480
Св. 32 до 50		25"	40"	1'	1'30"	2'30"	6'	15'	40'
	$a/2$	4 6	6,5 10	9,5 15	14,5 22,5	24 37,5	57,5 90	144 225	384 600
Св. 50 до 80	$\delta/2$	20"	30"	50"	1'15"	2'	5'	12'	30'
	$a/2$	5 8	7,5 12	12,5 20	19 30	30 48	75 120	180 288	450 720
Св. 80 до 120	$\delta/2$	15"	25"	40"	1'	1'30"	4'	10'	25'
	$a/2$	6 9	10 15	16 24	24 36	36 54	96 144	240 360	600 900
Св. 120 до 200	$\delta/2$	12"	20"	30"	50"	1'15"	3'	8'	20'
	$a/2$	7 12	12 20	18 30	30 50	45 75	108 180	288 480	720 1200
Св. 200 до 320	$\delta/2$	10"	15"	25"	40"	1'	2'30"	6'	15'
	$a/2$	10 16	15 24	25 40	40 64	60 96	150 240	360 576	900 1440
Св. 320 до 500	$\delta/2$	8"	12"	20"	30"	50"	2'	5'	12'
	$a/2$	13 20	19 30	32 50	48 75	80 125	192 300	480 750	1152 1800

При наличии специальных конструктивных требований допускается несимметричное расположение предельных отклонений угловых размеров с сохранением величины допуска, приведенной в таблице

Степень точности	Детали	Методы обработки
3	Высшей точности внутренние конусы, предназначенные для герметичных соединений	Тонкое шлифование с последующей доводкой
4	Высокой точности, требующие хорошего центрирования; центрирующие концы валов (осей) под зубчатые колеса и отверстия в зубчатых колесах высоких степеней точности	Шлифование, развертывание и точение высокой точности
5, 6	Высокой точности, передающие на конусном соединении большие крутящие моменты; фрикционные конусы и втулки; штифты конусные (1:50) и отверстия для них	Шлифование, развертывание и точение высокой точности; слесарная обработка высокой точности
7, 8	Нормальной точности: конусы фрикционных деталей с последующей подгонкой зубчатых конических колес, центрирующие концы осей, штифты конические (1:50) нормальной точности, направляющие планки кареток	Точение на токарных и револьверных станках обычной точности, фрезерование высокой точности с применением делительных механизмов, шлифование с установкой на столе и в приспособлении, развертывание
9	Низкой точности, передающие движение, стопорящие и т.п.; угловые пазы, звездочки фиксаторов, втулки стопорные к поводкам, храповые и фрикционные остановы, прессованные детали	Получистовое точение, чистовое фрезерование по разметке, строгание в приспособлении, зенкование, шлифование
10	Размеры, к точности которых не предъявляется высоких требований (свободные размеры)	Грубая обработка на станках всех видов, литье, прессование пластмасс, гибка в гибочных штампах высокой точности

### **13.1.5 Отклонения и допуски формы и расположения поверхностей**

Для обеспечения работоспособности детали в процессе эксплуатации машины или механизма наряду с выполнением размеров детали по чертежу необходимо обеспечить при изготовлении требуемую форму её поверхностей (плоскость, цилиндр, конус и т.п.), а также правильное взаимное расположение поверхностей (параллельность, перпендикулярность, соосность и т.д.). Погрешности формы и расположения поверхностей возникают при механической обработке деталей вследствие упругих деформаций металлорежущего оборудования, инструмента и обрабатываемых деталей, неоднородности материала заготовок деталей и других причин.

Их величины необходимо ограничивать предельными отклонениями в тех случаях, когда эти погрешности нарушают условия нормальной работы детали. Если предельные отклонения формы и расположения поверхностей допустимы в пределах всего поля допуска на размер, то на чертеже их оговаривать не следует. Во всех других случаях предельные отклонения формы и расположения поверхностей должны быть указаны на чертежах.

Классификация допусков формы и расположения поверхностей приведена в таблице 13.8.

*Допуски формы и расположения* при необходимости, определяемой конструктивными или технологическими соображениями, указывают на чертежах, согласно ГОСТ 2.308-79, одним из двух способов: *условными обозначениями* или *текстом в технических требованиях*. Применение условных обозначений предпочтительнее.

Текстовая часть должна включать:

- наименование допуска;

- указание поверхности или другого элемента, для которого задается допуск (для этого используют буквенное обозначение поверхности или конструктивное наименование, определяющее поверхность);

- числовое значение допуска в миллиметрах;

- для допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения дополнительно указывают базы, относительно которых задается допуск, и оговаривают зависимые допуски расположения или формы.

Текст должен соответствовать терминологии и определениям ГОСТ 24642-81, например: "допуск профиля продольного сечения поверхности A 0,008 мм".

Таблица 13.8. Классификация допусков формы и расположения поверхностей и их осей

Группа допусков	Допуск	Знак	Группа допусков	Допуск	Знак
Допуски Формы	прямолинейности		Суммарные допуски Формы и расположения	радиального биения	
	плоскостности			торцового биения	
	круглости			биения в заданном направлении	
	цилиндричности			полного радиального биения	
	профиля продольного сечения				
Допуски Расположения	параллельности			формы заданного профиля	
	перпендикулярности			формы заданной поверхности	
	наклона			Суммарные допуски Формы и расположения	
	соосности				
	симметричности				
	позиционный				
	пересечения осей				

Допуски формы и допуски расположения поверхностей после их определения округляют до ближайшего числа (мкм) из ряда предпочтительных:

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

На чертежах условное обозначение этих допусков указывают в прямоугольных рамках (рис. 13.3). Рамку знака располагают горизонтально. Рамку следует вычерчивать сплошными тонкими линиями. Размеры рамки и ее полей должны обеспечивать возможность четкого вписывания всех данных. Высота цифр и букв, вписываемых в рамку, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел. В необходимых случаях допускается вертикальное расположение рамки.

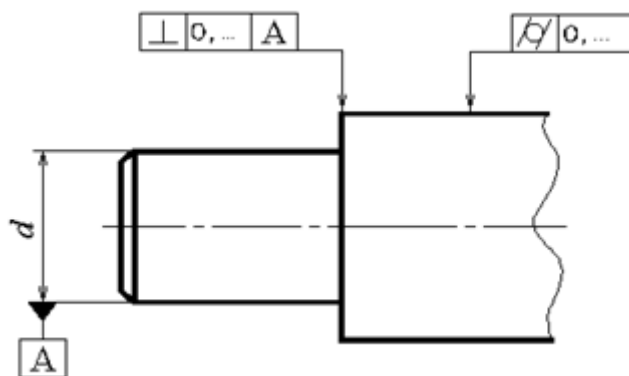


Рис. 13.3

Разрешается допуски формы и расположения поверхностей указывать текстом в технических требованиях чертежа детали, если отсутствует условный знак допуска.

С элементом детали, к которому относится этот допуск, рамку условного обозначения соединяют сплошной тонкой линией, оканчивающейся стрелкой, направленной на этот элемент (цилиндрическая поверхность, торец, рабочая поверхность шпоночного паза и т.д.).

Базы обозначают зачернённым равнобедренным треугольником, высота которого равна высоте размерных чисел. Если базой является поверхность (посадочное отверстие детали, цапфа вала и т.д.), то основание треугольника располагают на видимой контурной линии или на её продолжении на некотором расстоянии от размерной линии. Если же базой является ось (или плоскость) симметрии, то основание треугольника располагают непосредственно под стрелкой размерной линии (рис. 13.4).

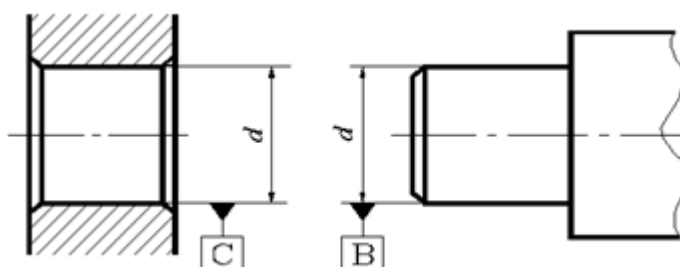


Рис. 13.4

Примеры условного обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей приведены в таблице 13.9.

Таблица 13.9. Условные обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Пояснение	Пример условного обозначения
<b>СОЕДИНЕНИЕ РАМКИ С ИЗОБРАЖЕНИЕМ НОРМИРУЕМОГО ЭЛЕМЕНТА (С КОНТУРНОЙ ЛИНИЕЙ ЭЛЕМЕНТА ИЛИ С ВЫНОСНОЙ ЛИНИЕЙ, ПРОДОЛЖАЮЩЕЙ КОНТУРНУЮ)</b>	
Соединительная линия может быть прямой или ломаной. Конец этой линии, заканчивающийся стрелкой, должен быть направлен по линии измерения отклонения (обычно по нормали к поверхности)	
Допускается начинать соединительную линию от второй (последней) части рамки и заканчивать ее на выносной линии со стороны материала детали	
Если допуск относится к поверхности или к ее профилю, а не к оси элемента, то стрелку располагают на некотором расстоянии от конца размерной линии	
Если допуск относится к оси или к плоскости симметрии элемента, то конец соединительной линии должен совпадать с продолжением размерной линии этого элемента	
Допуск относится к общей оси или плоскости симметрии двух элементов, и из чертежа ясно, для каких элементов данная ось является общей	
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗНАКИ ПЕРЕД ЧИСЛОВЫМ ЗНАЧЕНИЕМ ДОПУСКА</b>	
При указании кругового или цилиндрического поля допуска его диаметром	
При указании кругового или цилиндрического поля допуска его радиусом	

Для допуска симметричности, пересечения осей, формы заданной поверхности или заданного профиля, позиционного допуска в диаметральном выражении. Символ Т означает, что указывается полная ширина соответствующего поля допуска	
Те же виды допусков, что и в предыдущем случае, но в радиусном выражении. Символ Т/2 означает, что указывается половина ширины соответствующего поля допуска	
При указании поля допуска, ограниченного сферой	
<b>УКАЗАНИЕ НОРМИРУЕМОГО УЧАСТКА</b>	
Допуск относится ко всей поверхности (длине элемента)	
Допуск относится к любому участку поверхности (элемента), имеющему заданную длину или площадь	
Допуск относится к нормируемому участку, расположенному в определенном месте (участок обозначают штрихпунктирной линией и указывают размерами)	
Знак базы - зачерненный равнобедренный треугольник с высотой, равной размеру шрифта размерных чисел	
Если соединение рамки, содержащей обозначение допуска, с базой затруднительно, то базу обозначают прописной буквой и эту букву вписывают в третье поле рамки допуска	
Базой является ось элемента	
Базой является общая ось элементов	
<b>УКАЗАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ</b>	
Несколько элементов образуют одну базу (например, общую ось), и их последовательность не имеет значения. Указывают в одном поле рамки	
<b>ОДИНАКОВЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К РАЗНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ</b>	
Повторяющиеся допуски, обозначаемые одним и тем же условным знаком и имеющие одно и то же числовое значение	

Таблица 13.10. Рекомендации по применению степеней точности (ГОСТ 24643-81)

Степень точности	Изделия и поверхности, для которых установлены отклонения
3, 4	Вращающиеся втулки для направления инструмента по гладкой части; кольца подшипников качения (5-го и 6-го классов); посадочные шейки валов под зубчатые колеса 4-й и 5-й степеней точности; быстроходные валы при 300-1000 рад/с

5, 6	Машины и приборы повышенной точности или работающие в тяжелых режимах; кольца подшипников качения (0-го класса), а так же валов и корпусов под них; посадочные поверхности валов под зубчатые колеса 6-й и 7-й степеней точности; опорные шейки коленчатого и распределительного валов автомобильных двигателей
7, 8	Машины и приборы средней точности, работающие в средних и легких режимах; посадочные шейки валов под зубчатые колеса 8-й и 9-й степеней точности; посадочные поверхности подшипников качения; разъемы корпусов редукторов; опорные торцы крышек и колец для подшипников классов 0 и 6; оси опорных отверстий в корпусах зубчатых передач с 7-й по 10-й степеней точности; заплечики валов и корпусов под подшипники качения 0-го класса; торцы ступиц и распорных втулок; оси опорных отверстий в корпусах конических редукторов при сопряжениях по С и Д; поверхности катания ходовых колес; посадочные отверстия барабанов подъемно-транспортных машин
9, 10	Посадочные шейки валов под зубчатые колеса 10-й и 11-й степеней точности; оси опорных отверстий в корпусах конических редукторов при сопряжениях Х и Ш; отверстия в упругих втулочно-пальцевых муфтах
11, 12	Плоскость разъема и опорная поверхность в корпусе редуктора подъемно-транспортной машины; зубчатые венцы звездочек с обработанными зубьями в сельскохозяйственных машинах; неответственные отверстия приборов

Допуски формы и расположения поверхностей следует назначать в зависимости от номинального размера и степени точности. Ориентировочные рекомендации по применению степеней точности приведены в таблице 13.10, а допуски формы и расположения поверхностей в таблицах 13.11-13.16.

Таблица 13.11. Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения (ГОСТ 10356-63)

Номинальный диаметр поверхности, мм	Степени точности										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Допуски, мкм										
До 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	
Св. 3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	
Св. 10 до 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	
Св. 18 до 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	
Св. 30 до 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	
Св. 50 до 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	
Св. 120 до 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	
Св. 250 до 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	
Св. 400 до 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	

Таблица 13.12. Допуски плоскостности и прямолинейности (ГОСТ 10356-63)

Номинальная длина, мм	Степени точности										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Допуски, мкм										
До 10	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	
Св. 10 до 16	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	
Св. 16 до 25	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	
Св. 25 до 40	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	
Св. 40 до 63	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	
Св. 63 до 100	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	
Св. 100 до 160	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	
Св. 160 до 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	
Св. 250 до 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	
Св. 400 до 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	

Таблица 13.13. Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона, торцового биения и полного торцового биения (ГОСТ 10356-63)

Интервалы номинальных размеров, мм	Степени точности										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Допуски, мкм										
До 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	
Св. 10 до 16	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	
Св. 16 до 25	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	
Св. 25 до 40	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	
Св. 40 до 63	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	
Св. 63 до 100	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	
Св. 100 до 160	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	
Св. 160 до 250	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	
Св. 250 до 400	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	
Св. 400 до 630	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	

Таблица 13.14. Допуски на радиальное биение и полное радиальное биение. Допуски соосности, симметричности и пересечения осей в диаметральной выражении (ГОСТ 10356-63)

Интервалы номинальных диаметров, мм	Степени точности										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Допуски, мкм										
До 3	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	
Св. 3 до 10	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	
Св. 10 до 18	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	
Св. 18 до 30	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	
Св. 30 до 50	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	
Св. 50 до 120	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	
Св. 120 до 250	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	
Св. 250 до 400	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	
Св. 400 до 630	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	

Примечание: Для получения значений допусков в радиальном выражении указанные в таблице значения при соответствующем диаметре следует уменьшить вдвое и при необходимости округлить до ближайшего числа

Таблица 13.15. Допуски на торцовое биение заплечиков, мкм

Номинальные диаметры посадочных мест валов и отверстий корпусов (стаканов) под подшипники, мм	Классы точности подшипников							
	0				6			
	Валы				Отверстия корпусов			
до 50	20	10	7	4	40	20	13	8
св. 50 до 80	25	12	8	6	40	20	13	8
св. 80 до 120	25	12	8	6	45	22	15	9
св. 120 до 150	30	15	10	8	50	25	18	10
св. 150 до 180	30	15	10	8	60	30	20	12
св. 180 до 250	30	15	10	8	70	35	22	15
св. 250 до 315	35	17	12	9	80	40	25	17
св. 315 до 400	40	20	13	10	90	45	30	20
св. 400 до 500	40	25	15	12	100	50	35	25

Таблица 13.16. Допуски формы поверхностей валов и отверстий корпусов

Класс точности подшипников	Допуск круглости, мкм	Допуск цилиндричности, мкм

0; 6	Половина допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности	Половина допуска на диаметр посадочной поверхности на длине этой поверхности
5; 4	Четверть допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности	Четверть допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности на длине этой поверхности

Расположение осей в деталях может быть задано на чертежах либо межосевым расстоянием, либо расстоянием от каких-либо баз, *например, от одной или двух плоскостей детали.*

*Допуски смещения отверстий задают двумя способами:*

в виде указания предельных отклонений размеров между осями;

- в виде указания предельных смещений осей отверстий от номинального расположения (*позиционный допуск*).

Различают соединения типа А (*например, соединения болтами*) и типа Б (*например, соединения шпильками*). В соединении А зазоры предусмотрены в *обеих* соединяемых деталях, в соединении Б - в *одной*.

Для выбора числовых значений допусков расположения осей отверстий определяют *расчетное смещение осей соединения*. Величина предельного смещения оси

от номинального расположения ( $\Delta_{расч}$ ) определяется по формулам:

а) для соединения болтами:

$$\Delta_{расч} = 0,5(d_{отв} - d);$$

б) для соединения винтами или шпильками:

$$\Delta_{расч} = 0,25(d_{отв} - d),$$

где:

$\Delta_{расч}$  - расчетное значение смещения осей болта (винта, шпильки) и отверстия, мм;

$d_{отв}$  - диаметр отверстия, мм;


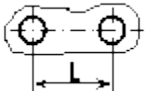
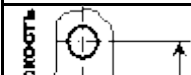
$d$  - диаметр болта (винта, шпильки), мм.

Полученное расчетом значение  $\Delta_{расч}$  округляется до ближайшего *меньшего* стандартного значения из ряда:

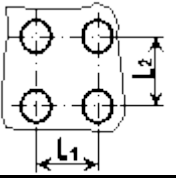
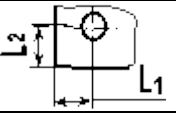
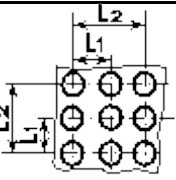
0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

По величине предельного смещения определяются *величины допуска на линейные размеры*  $L_1$  (таблица 13.17).

Таблица 13.17. Предельные отклонения размеров, координирующих оси отверстий (система прямоугольных координат), мм

Эскиз	Предельное смещение оси от номинального расположения $\Delta$													
	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00
Предельные отклонения размеров, координирующих оси отверстий														
Одно отверстие, координированное относительно плоскости														
	Отклонение размера между осью отверстия и плоскостью													
	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00
Два отверстия, координированное одно относительно другого														
	Отклонение размера между осями двух отверстий													
	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
Три или более отверстий, расположенных в один ряд														
	Отклонение размера между осями двух любых отверстий													
	0,07	0,08	0,11	0,14	0,16	0,22	0,28	0,35	0,40	0,55	0,70	0,80	1,10	1,40



		Отклонения размеров от каждого отверстия до одного базового отверстия ( $L_i$ ) или базовой плоскости													
		0,15	0,16	0,22	0,28	0,32	0,44	0,56	0,70	0,80	1,10	1,40	1,60	2,20	2,80
		Смещение осей отверстий от общей плоскости													
		0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,11	0,14	0,18	0,20	0,28	0,35	0,40	0,55	0,70
Три или четыре отверстия, расположенные в два ряда															
	Отклонение размеров $L_1$ и $L_2$														
	0,07	0,08	0,11	0,14	0,16	0,22	0,28	0,35	0,40	0,55	0,70	0,80	1,10	1,40	
	Отклонение размеров по диагонали между осями двух любых отверстий														
	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	
Одно отверстие, координированное относительно двух взаимно перпендикулярных плоскостей (при сборке базовые плоскости соединяемых деталей совмещаются)															
	Отклонение размеров $L_1$ и $L_2$														
	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,11	0,14	0,18	0,20	0,28	0,35	0,40	0,55	0,70	
Отверстия, координированные одно относительно другого и расположенные в несколько рядов															
	Отклонение размеров $L_1, L_2, L_3, L_4$														
	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,11	0,14	0,18	0,20	0,28	0,35	0,40	0,55	0,70	
	Отклонение размеров по диагонали между осями двух любых отверстий														
	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	

По величине предельного отклонения  $\Delta_{расч}$  определяются и величины допусков на диаметры  $D$  и радиусы  $R$  расположения центров отверстий, а так же допуски на центральные углы между осями двух любых отверстий и на углы между осью каждого отверстия и осью базового отверстия ( $\varphi$ ) (таблица 13.18).

Таблица 13.18. Предельные отклонения размеров, координирующих оси отверстий (система полярных координат)

												
<p>а) два отверстия, координированные одно относительно другого и центрального базового элемента;</p> <p>б) три и более отверстий, координированных одно относительно другого;</p> <p>в) три и более отверстий, координированных одно относительно другого и центрального базового элемента А;</p> <p>г) три и более отверстий, координированных относительно базового отверстия;</p> <p>д) три и более отверстий, координированных относительно базового отверстия и центрального базового элемента А</p>												
Предельное отклонение, мм	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	
$6\delta D$ , мм	0,11	0,14	0,16	0,22	0,28	0,35	0,40	0,55	0,70	0,80	1,1	
$6\delta R$ , мм	0,055	0,07	0,08	0,11	0,14	0,18	0,20	0,28	0,35	0,40	0,55	

Номинальные размеры, мм (D )	Вид допуск а	ЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ											
св. 6 до 10	<i>бб</i>	1°40'	2°	2°20'	3°	4°							
	<i>бб</i>	50'	1°	1°10'	1°30'	2°							
св.10 до 14	<i>бб</i>	1°	1°20'	1°40'	2°	2°40'	3°20'	4°					
	<i>бб</i>	30'	40'	50'	1°	1°20'	1°40'	2°					
св. 14 до 18	<i>бб</i>	45'	1°	1°10'	1°30'	2°	2°20'	3°	4°				
	<i>бб</i>	22'30"	30'	35'	45'	1°	1°10'	1°30'	2°				
св. 18 до 24	<i>бб</i>	35'	45'	55'	1°10'	1°30'	1°50'	2°20'	3°				
	<i>бб</i>	17'30"	22'30"	37'30"	35'	45'	55'	1°10'	1°30'				
св. 24 до 30	<i>бб</i>	28'	35'	45'	55'	1°10'	1°30'	1°50'	2°20'	3°	3°40'	4°30'	
	<i>бб</i>	14'	17'30"	22'30"	27'30"	35'	45'	55'	1°10'	1°30'	1°50'	2°15'	
св. 30 до 40	<i>бб</i>	22'	28'	35'	45'	55'	1°10'	1°20'	1°50'	2°20'	2°40'	3°40'	
	<i>бб</i>	11'	14'	17'30"	22'30"	27'30"	35'	40'	55'	1°10'	1°20'	1°50'	
Св. 40 до 50	<i>бб</i>	16'	20'	25'	30'	40'	50'	1°	1°20'	1°40'	2°	2°40'	
	<i>бб</i>	8'	10'	12'30"	15'	20'	25'	30'	40'	50'	1°	1°20'	
св.50 до 65	<i>бб</i>	12'	16'	20'	25'	30'	40'	50'	1°	1°20'	1°40'	2°	
	<i>бб</i>	6'	8'	10'	12'30"	15'	20'	25'	30'	40'	50'	1°	
св. 65 до 80	<i>бб</i>	10'	12'	16'	20'	25'	30'	40'	50'	1°	1°20'	1°40'	
	<i>бб</i>	5'	6'	8'	10'	12'30"	15'	20'	25'	30'	40'	50'	
св. 80 до 100	<i>бб</i>	8'	10'	12'	16'	20'	25'	30'	40'	50'	1°10'	1°20'	
	<i>бб</i>	4'	5'	6'	8'	10'	12'30"	15'	40'	25'	35'	40'	
св. 100 до 120	<i>бб</i>	7'	9'	11'	14'	18'	22'	28'	35'	45'	55'	1°10'	
	<i>бб</i>	3'30"	4'30"	5'30"	7'	9'	11'	14'	17'30"	22'30"	27'30"	35'	
св. 120 до 150	<i>бб</i>	6'	7'	9'	12'	14'	18'	22'	28'	35'	45'	55'	
	<i>бб</i>	3'	3'30"	4'30"	6'	7'	9'	11'	14'	17'30"	22'30"	27'30"	
св. 150 до 180	<i>бб</i>	5'	6'	7'	9'	12'	14'	18'	22'	30'	35'	45'	
	<i>бб</i>	2'30"	3'	3'30"	4'30"	6'	7'	9'	11'	15'	17'30"	22'30"	
св. 180 до 250	<i>бб</i>	3'30"	4'30"	6'	7'	9'	11'	14'	18'	22'	28'	35'	
	<i>бб</i>	1'45"	2'15"	3'	3'30"	4'30"	5'30"	7'	9'	11'	14'	17'30"	
св. 250 до 310	<i>бб</i>	2'30"	3'	4'	6'	7'	9'	10'	14'	16'	20'	25'	
	<i>бб</i>	1'15"	1'30"	2'	3'	3'30"	4'30"	5'	7'	8'	10"	12'30"	
св. 310 до 400	<i>бб</i>	2'	2'30"	3'	4'	5'	6'	8'	10'	12'	16'	20'	
	<i>бб</i>	1'	1'15"	1'30"	2'	2'30"	3'	4'	5'	6'	8'	10'	

св. 400 до 500	$6\delta\omega$		2'	2'30"	3'	4'	5'	6'	8'	10'	12'	16'
	$6\delta\alpha$		1'	1'15"	1'30"	2'	2'30"	3'	4'	5'	6'	8'
св. 500 до 630	$6\delta\omega$			2'	2'30"	3'	4'	5'	6'	8'	10'	12'
	$6\delta\alpha$			1'	1'15"	1'30"	2'	2'30"	3'	4'	5'	6'

**Вал и вал-шестерня.** Чаще всего базой измерения для этих деталей является общая ось посадочных поверхностей для подшипников качения. Эта ось обозначена на рис.13.5 буквами АВ.

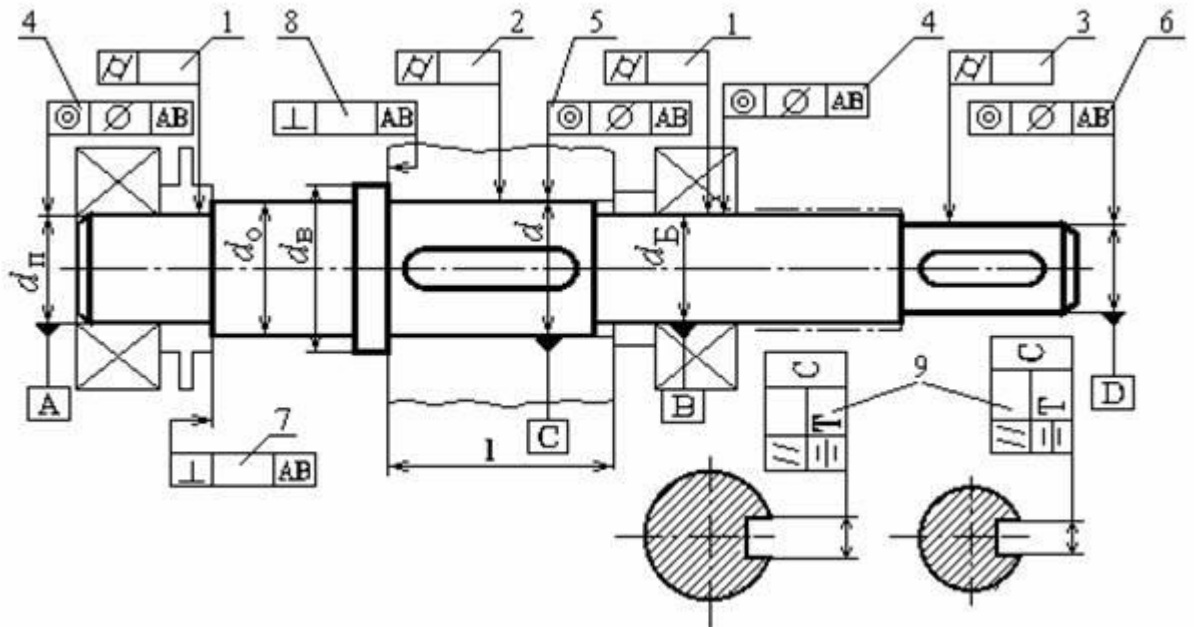


Рис.13.5

На этом же рисунке приведены обозначения основных диаметров вала ( $d_{\text{п}}$ ,  $d_{\text{о}}$ ,  $d_{\text{Б}}$  и  $d$ ), а в рамках – условные обозначения допусков формы и расположения и номера позиций, в соответствии с которыми по табл. 13.19 определяют числовые значения этих допусков.

Пример выполнения рабочего чертежа вала приведен на рис.13.6.





Таблица 13.19. Допуски формы и расположения поверхностей

Позиция	Допуск
1, 2, 3	$T_{\text{ф}} = 0,5t$ , где $t$ – допуск размера поверхности
4	$T_{\odot}$ на диаметре $d_n$ по табл. 13.20, в зависимости от типа подшипника качения.
5	$T_{\odot}$ на диаметре $d$ по табл. 13.21 Степень точности допуска соосности по табл. 13.22
6	$T_{\odot} = 60/n$ мм только для $n \geq 1000$ об/мин
7	$T_{\perp}$ на диаметре $d_o$ по табл. 13.23. Степень точности допуска при базировании подшипников: шариковых – 8, роликовых – 7.
8	$T_{\perp}$ на диаметре $d_B$ при $l/d < 0,7$ по табл. 13.23 при степени точности допуска перпендикулярности для зубчатых колёс степеней точности по нормам контакта, которую назначают следующим образом: для шестой – 5; для седьмой и восьмой – 6; для девятой – 7.
9	$T_{//} = 0,5t_{\text{шп}}$ , $T_{\equiv} = 2t_{\text{шп}}$ , где $t_{\text{шп}}$ – допуск ширины шпоночного паза

Таблица 13.20. Допуск соосности поверхности цапфы вала длиной  $B = 10$  мм

Тип подшипника		$T_{\odot}$ , мкм
1.	Радиальный шариковый однорядный	4
2.	Радиально-упорный шариковый однорядный	3
3.	Радиальный с короткими цилиндрическими роликами	1
4.	Радиально-упорный конический роликовый однорядный	1
5.	Радиальный шариковый и роликовый двухрядный сферический	6

Примечание: при длине  $B$  (мм) посадочного места подшипника на валу, отличного от  $B_1 = 10$  мм,  
табличное значение допуска соосности следует умножить на  $0,1 B_1$ .

Таблица 13.21. Допуск соосности поверхности вала

Интервалы диаметров вала, мм		Степень точности допуска соосности				
		5	6	7	8	9
от	до	Допуск соосности, мкм				
18	30	10	16	25	40	60
30	50	12	20	30	50	80
50	120	16	25	40	60	100
120	250	20	30	50	80	120

Таблица 13.22. Степень точности допуска соосности в зависимости от кинематической точности зубчатой передачи

Степень кинематической точности передачи	Диаметр делительной окружности колеса, мм	
	от 50 до 125	от 125 до 280
	Степень точности допуска соосности	
6	5	6
7	6	7
8	7	7
9	7	8

**Зубчатое колесо.** На рис. 13.7 показаны несколько зубчатых колёс и условные обозначения баз и допусков формы и расположения поверхностей.

В соответствии с позициями, приведёнными на этом рисунке, в табл. 13.24 даны указания для определения допусков и расположения поверхностей.

Назначение каждого из допусков формы и расположения поверхностей зубчатого колеса следующее:

– в позиции 1 – допуск цилиндрической посадочной поверхности колеса назначают, чтобы ограничить концентрацию напряжений на посадочной поверхности;

Таблица 13.23. Степени точности допусков параллельности, перпендикулярности

Интервалы диаметров, мм	Степень точности допусков параллельности, перпендикулярности				
	5	6	7	8	9
Допуски параллельности, перпендикулярности					
от 16 до 25	4	6	10	16	25
от 25 до 40	5	8	12	20	30
от 40 до 63	6	10	16	25	40
от 63 до 100	8	12	20	30	50
от 100 до 160	10	16	25	40	60

Таблица 13.24. Допуски формы и расположения поверхностей

Позиция	Допуск
1	$T_H = 0,5t$ , где $t$ - допуск размера отверстия $d$ .
2	$T$ на диаметре $d_{ст}$ рассчитывают только при $l/d \geq 0,7$ по таблице 13.23. Степень точности допуска при базировании подшипников: шариковых – 8, роликовых – 7.
3	$T_{//}$ на диаметре $d_{ст}$ рассчитывают только при $l/d < 0,7$ по таблице 13.23. Степень точности допуска при базировании подшипников: шариковых – 7, роликовых – 6.
4	$T_{//} = 0,5t_{шп}$ ; $T_{\perp} = 2t_{шп}$ , где $t_{шп}$ - допуск ширины шпоночного паза

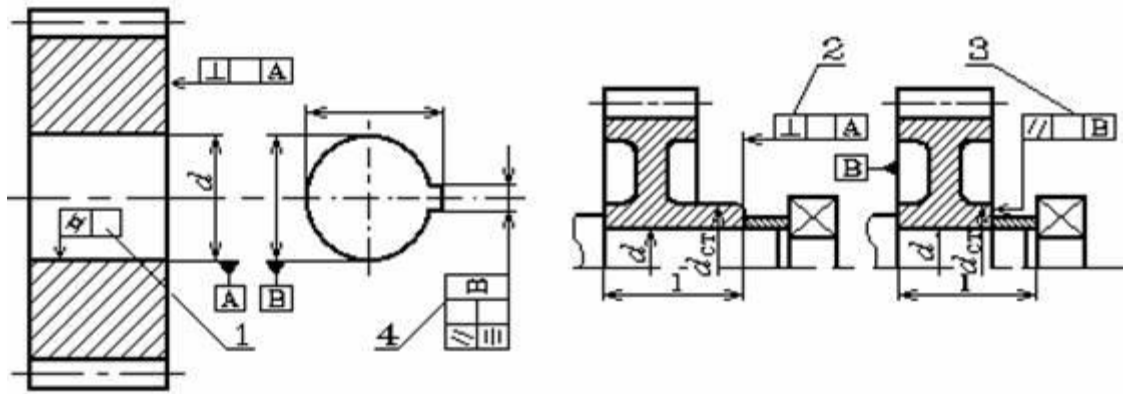


Рис.13.7

- в позиции 2 – допуск перпендикулярности торца ступицы колеса задают, чтобы создать точную базу для подшипника качения и уменьшить перекос колец подшипников;
- в позиции 3 – допуск параллельности торцов ступицы для узких колес ( $l/d < 0,7$ ) задают по тем же соображениям, что и допуск перпендикулярности торца ступицы. Если у колеса нет выпочки, следовательно, нет и размера  $d_{ст}$ , то допуск параллельности торцов ступицы относится к условному диаметру, равному  $1,5 \dots 2$  размерам посадочного отверстия. Тогда в рамке условного обозначения приводят значение допуска параллельности и условный диаметр измерения, например, для условного диаметра 50 мм при допуске параллельности 0,016 мм.

/// 0,016/50 B

Если торцы ступицы не участвуют в базировании подшипников, то допуски по позициям 2 и 3 не назначают.

Пример выполнения рабочего чертежа зубчатого колеса приведен на рис.13.8.

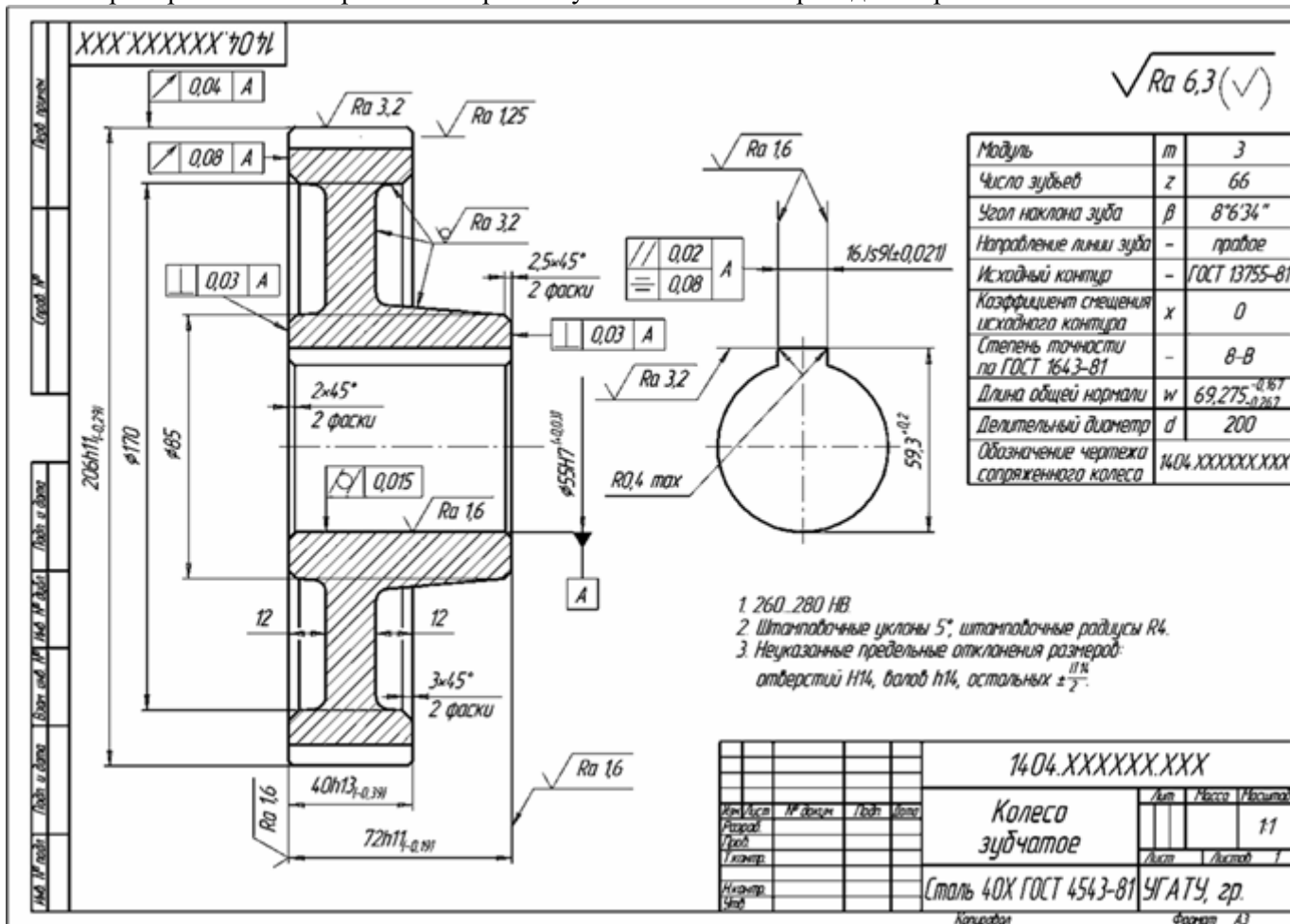




Рис.13.8

### 13.1.6 Шероховатость поверхности

#### 13.1.6.1 Обозначение шероховатости поверхности

Структура обозначения шероховатости поверхности (рис. 13.9) должна соответствовать ГОСТ 2.309-73. При наличии в обозначении шероховатости только значения ее параметра применяют знак без полки.

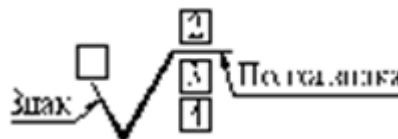


Рис.13.9

По ГОСТ 2.309-73 для обозначения шероховатости поверхности на чертежах используют знаки, указанные на рис. 13.9-13.13, где 1 - параметр (параметры) шероховатости по ГОСТ 2789-73; 2 - вид обработки поверхности и (или) другие дополнительные указания; 3 - базовая длина по ГОСТ 2789-73; 4 - условное обозначение направления микронеровностей.

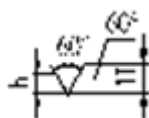


Рис.13.10



Рис.13.11



Рис.13.12

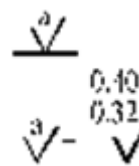


Рис.13.13

Если вид обработки конструктором не указывается, то применяется знак по рис. 13.10, если указывается, то - по рис. 13.11. Если поверхность образуется без снятия материала (например, штамповкой и т.п.), то применяют знак по рис. 13.12. Состояние поверхности, обозначенной знаком (см. рис. 13.12), должно удовлетворять требованиям, установленным соответствующим стандартом, причем на этот документ должна быть ссылка в виде указания сортамента материала в графе 3 основной надписи чертежа. Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхности с разъяснением его в технических требованиях чертежа (рис. 13.13). При этом используют знак и строчные буквы русского алфавита в алфавитном порядке, без повторений и, как правило без пропусков.

Шероховатость поверхности по ГОСТ 2789-73 характеризуется шестью параметрами:  $R_a$  - среднее арифметическое отклонение профиля, мкм;  $R_z$  - высота неровностей профиля по десяти точкам, мкм;  $R_{max}$  - наибольшая высота неровностей профиля, мкм;  $S_m$  - средний шаг неровностей;  $S$  - средний шаг местных выступов профиля;  $t_p$  - относительная опорная длина профиля, где  $r$  - значение уровня сечения профиля. В большинстве случаев в проектах достаточно проставлять один из двух первых параметров -  $R_a$  или  $R_z$ , причем параметр  $R_a$  является предпочтительным.

Значения параметров шероховатости в обозначении записывают по следующим правилам:

- значение параметра  $R_a$  указывают без символа (например, 1,25), а остальных параметров - после соответствующего символа (например,  $R_z40$ );
- при указании более одного параметра шероховатости их значения записывают сверху вниз (см. рис. 13.9) в следующем порядке:
  - параметр высоты неровностей профиля,
  - параметр шага неровностей профиля,
  - относительная опорная длина профиля;
- при указании  $R_a$  или  $R_z$  базовую длину в обозначении не приводят, если определение параметра производится по нормам ГОСТ 2789-73;
  - вид обработки указывают только в том случае, если он является единственно возможным для получения требуемого качества поверхности;
  - при необходимости указываются направления неровностей (по ГОСТ 2.309-73).

Размер  $h$  знаков шероховатости (см. рис. 13.10) выполняется примерно равным высоте размерных чисел на том же чертеже, а размер  $H$  примерно равен  $(1,5-3)h$ ; толщина линий знаков примерно должна быть равна  $0,5S$  (где  $S$  – толщина основных линий чертежа).

### 13.1.6.2 Выбор и указание на чертеже шероховатости поверхности

Выбор параметров шероховатости следует проводить с учетом назначения и эксплуатационных свойств поверхности детали. Необходимо учитывать и рациональность метода обработки. Из всех параметров шероховатости, установленных ГОСТ 2789-73, наибольшее применение в общем машиностроении имеет среднее арифметическое отклонение  $Ra$  в мкм. Наибольшие допускаемые значения этого параметра рекомендуется устанавливать из следующих условий:

при допуске формы 60% от допуска размера  $T_p$ :  $Ra < 0,05 T_p$ ;

при допуске формы 40% от допуска размера  $T_p$ :  $Ra < 0,025 T_p$ .

При необходимости нормировать параметр  $Rz$  для условий, соответствующих вышеприведенным допускам формы, соответственно:

$Rz < 0,2 T_p$ ;  $Rz < 0,1 T_p$ .

Соотношения при допуске формы 60% соответствуют нормальной ( $N$ ) относительной геометрической точности, при 40% - повышенной ( $\Pi$ ).

Числовые значения параметров шероховатости  $R_a$  можно принимать по следующей рекомендации:

- для посадочных поверхностей отверстий и валов по табл. 13.25;
- для других основных поверхностей деталей по табл. 13.26.

Таблица 13.25. Параметры шероховатости  $R_a$ , мкм

Интервал размеров, мм		Отверстие			Вал		
		Квалитет					
Свыше	до	6,7	8	9	6,7	8	9
18	50	0,8	1,6	3,2	0,8	0,8	1,6
50	120	1,6	1,6	3,2	0,8	1,6	1,6

Таблица 13.26. Параметры шероховатости  $R_a$ , мкм

Виды поверхностей	$R_a$ , мкм
Торцы буртиков валов для базирования:	
подшипников качения класса точности 0	2,5
зубчатых колёс при отношении $l/d < 0,8$	1,6
зубчатых колёс при отношении $l/d \geq 0,8$	3,2
Поверхности валов под резиновые манжеты	0,32
Поверхности шпоночных пазов на валах:	
рабочие	3,2
нерабочие	6,3
Поверхности шпоночных пазов в отверстиях:	
рабочие	1,6
нерабочие	3,2
Поверхности шлицев на валах соединения:	
боковая поверхность зуба неподвижного	1,6
подвижного	0,8
Поверхности шлицев в отверстиях колёс:	
боковая поверхность неподвижного соединения	1,6
боковая поверхность подвижного соединения	0,8
цилиндрические поверхности центрирующие:	
неподвижного соединения	0,8
подвижного соединения	0,4
цилиндрические поверхности нецентрирующие	3,2

Торцы ступиц зубчатых колёс, центрирующихся по торцам заплечиков валов при $l/d < 0,7$	1,6
то же при $l/d \geq 0,7$	3,2
Торцы ступиц зубчатых колёс, по которым базируют подшипники качения класса 0	1,6
Нерабочие поверхности торцов ступиц зубчатых колёс	6,3
Профили зубьев зубчатых колёс степени точности:	
6	0,4
7	0,8
8	1,6
9	3,2
Поверхности выступов (вершин) зубьев зубчатых колёс	6,3
Фаски и выточки на колёсах	6,3
Рабочая поверхность шкивов ремённой передачи	3,2
Рабочие поверхности (боковые) зубьев звёздочек цепных передач	3,2
Отверстия под болты, винты	12,5
Опорные поверхности под головки болтов, винтов, гаек	6,3

Примечание: Шероховатость поверхностей, не указанных в данной таблице, можно определить по формуле  $Ra \approx 0,05t$ , где  $t$  – допуск размера поверхности.

Согласно ГОСТ 2.309-73 обозначения шероховатости поверхности на изображении изделия следует располагать на линиях контура, выносных линиях или на полках линий-выносок.

При обозначении на чертежах шероховатости поверхностей принимают во внимание следующее.

Если вид обработки поверхности конструктором не устанавливается, применяют знак  $\sqrt{Ra}$ . Это обозначение является предпочтительным.

Если требуется, чтобы поверхность была образована обязательно путём удаления слоя материала, например, точением, шлифованием и прочее, применяют знак  $\sqrt{Ra}$ .

Если поверхность образована без удаления слоя материала (ковкой, штамповкой, накатыванием роликами и пр.), применяют знак  $\sqrt{Ra}$ . Такой же знак применяют для обозначения шероховатости поверхностей, не обрабатываемых по данному чертежу.

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают лишь в правом верхнем углу чертежа (см. рис. 13.14). Размеры и толщина линий знака при этом должны быть в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, наносимых на изображение детали. Одинаковую шероховатость для части поверхности детали указывают, как на рис. 13.15 и на рис. 13.16, где условное обозначение ( $\sqrt{\quad}$ ) показывает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед обозначением ( $\sqrt{\quad}$ ).

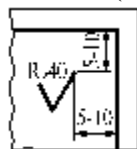


Рис.13.14



Рис.13.15



Рис.13.16

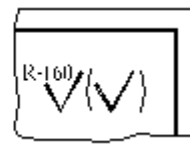


Рис.13.17

Шероховатость поверхности, не обрабатываемой по данному чертежу, следует указывать так, как показано на рис. 13.16 и 13.17. На рис. 13.16 показан случай, когда остальные поверхности сохраняются в состоянии поставки, а на рис. 13.17 - когда аналогичные поверхности получены без снятия материала (например, литьем).

При одинаковой шероховатости поверхностей, образующих контур, ее обозначают только один раз (рис. 13.18). Если шероховатость двух поверхностей, имеющих одинаковый размер, различна, то ее следует обозначать так, как показано на рис. 13.19.

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колёс, шлицев и т.п. при отсутствии на чертеже их профиля условно наносят на линии делительной окружности.

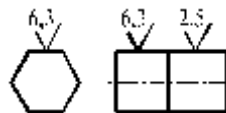


Рис.13.18 Рис.13.19

### 13.1.7 Расположение на чертеже детали размеров, обозначений баз, допусков формы, шероховатости

Для удобства чтения чертежа все сведения, необходимые для изготовления детали, должны быть нанесены на поле чертежа в определенной системе.

На чертежах деталей - тел вращения (колес, валов, червяков, стаканов и т.п.) следует располагать:

- осевые линейные размеры - под изображением детали в нескольких уровнях;
- условные обозначения баз - под изображением детали;
- условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей - над изображением детали на одном - двух уровнях;
- условные обозначения параметров шероховатости - на верхних частях изображения детали, а на торцовых поверхностях - под изображением детали, причем условные обозначения шероховатости располагают в непосредственной близости от размерной линии;
- полки линий-выносок, указывающих поверхности для термообработки и покрытий - над изображением детали.

### 13.1.8 Допуски, посадки и шероховатость поверхностей типовых деталей

#### 13.1.8.1 Подшипники качения

При проектировании подшипниковых узлов следует назначать посадки подшипников качения на вал и в корпус, которые зависят от следующих факторов:

- режима работы подшипника и вида нагружения колец;
- величины, направления и характера нагрузок;
- типа и размера подшипника;
- условий эксплуатации.

#### Посадки колец подшипников

Различают три основных вида нагружения колец:

- местное (кольцо не вращается относительно нагрузки);
- циркуляционное (кольцо вращается относительно нагрузки);
- колебательное (кольцо совершает относительно нагрузки возвратно-поступательное движение в пределах угла менее 360 градусов).

Для циркуляционно нагруженных колец, через которые передается внешняя нагрузка, следует назначать посадки с натягом.

Местно нагруженные кольца устанавливаются с небольшим зазором. Такой вид сопряжения позволяет кольцу под действием толчков и вибраций периодически поворачиваться вокруг оси подшипника, вследствие чего в работе принимает участие не ограниченный участок кольца, а вся дорожка качения.

При нагружении внутреннего кольца подшипника циркуляционной нагрузкой без ударов поле допуска вала назначают по  $k6$  для шариковых подшипников и по  $t6$  для роликовых подшипников.

При нагружении наружного кольца подшипника местной нагрузкой поле допуска отверстия корпуса назначают по  $H7$ , что обеспечивает возможность перемещения кольца как в осевом, так и в окружном направлениях (под действием сил трения). Это позволяет в целом повысить долговечность подшипника.

Посадки подшипников на валы выполняют по системе отверстия с перевернутым полем допуска у кольца (то есть поле допуска кольца расположено «в минус» от нулевой линии, а не «в плюс», как у обычного основного отверстия).

Посадка подшипника в корпус выполняется по системе вала.

Структура условных обозначений посадок подшипника на сборочном чертеже:

**1234,**

где 1 - условное обозначение диаметра ( $\varnothing$ );

2 - номинальный диаметр сопряжения в мм;

3 - буквенное обозначение поля допуска для сопряженной с подшипником детали;

4 - номер качества допуска на деталь, сопряженную с подшипником.

Например, посадки внутреннего кольца подшипника на вал -  $\Phi 25k5$ ,  $\Phi 45m6$ ; внешнего кольца в корпус  $\Phi 62H7$ ,  $\Phi 72M6$ .

При назначении посадок подшипников качения необходимо исходить из следующего:

- чем больше нагрузка и чем сильнее толчки, тем посадки должны быть более плотными;

- чем выше частота вращения, тем посадки должны быть более свободными;

- посадки роликоподшипников следует выбирать более плотными, чем посадки шарикоподшипников;

- посадки радиально-упорных подшипников можно назначать более плотными, чем посадки радиальных, так как у радиальных подшипников посадочные натяги могут существенно изменить зазоры в подшипнике, а в радиально-упорных подшипниках зазоры устанавливаются при сборке;

- чем больше размер подшипника, тем более плотной должна быть его посадка.

#### **Посадки крышек подшипников**

По конструкции различают крышки привёртные, крепящиеся к корпусным деталям винтами, и закладные, которые возможно применять в редукторах, имеющих плоскость разъёма корпуса по осям валов. В отличие от так называемых глухих крышек имеются крышки, снабжённые центральным отверстием для выходного конца вала.

Глухие привёртные крышки устанавливают в корпус по посадке  $H7/d11$ , обеспечивающей гарантированный зазор в соединении, что не приводит однако к вытеканию смазки из подшипникового гнезда из-за создания герметичного стыка деталей по фланцу крышки в результате затяжки винтов крепления крышки к корпусу.

Сквозную привёртную крышку помещают в корпус с обеспечением посадки  $H7/h8$ , что гарантирует нормальную работу манжетного уплотнения.

Закладные крышки подшипников (как глухие, так и с центральным отверстием для выходного конца вала или с резьбовым отверстием под нажимной регулировочный винт) удерживаются в корпусе кольцевым выступом шириной  $S$ , для которого в корпусных деталях протачивают канавку. Посадку деталей по кольцевому выступу назначают как  $H11/h11$ , а по наружному диаметру крышки –  $H7/h8$ , что гарантирует очень малый зазор, препятствующий вытеканию масла из полости подшипникового гнезда.

#### **Посадки стаканов подшипников**

Одной из особенностей конструкции конической зубчатой передачи является консольное расположение конической шестерни. Концентрацию нагрузки при этом стремятся уменьшить повышением жёсткости узла опорных подшипников. Повышенные требования к жёсткости диктуются и необходимостью высокой точности осевого расположения конических зубчатых колёс, что обеспечивается регулировкой зацепления в процессе сборки передачи.

В конструкциях узлов конических шестерён применяют радиально-упорные подшипники, главным образом конические роликоподшипники, устанавливаемые в стакане по схеме "врасяжку" или "враспор".

Для удобства регулирования осевого положения конической шестерни подшипники опор заключены в стакан, что обеспечивает независимую регулировку зазора в подшипниках. В этом случае применяют посадку стакана в корпус –  $H7/j_6$ .

При выборе полей допусков для посадок подшипников на вал и в корпус можно руководствоваться данными таблицы 13.27, а при назначении отклонений и допусков формы и расположения, а также шероховатости поверхностей валов и отверстий корпусов - данными таблиц 13.28-13.30.

Таблица 13.27. Рекомендуемые поля допусков для посадки подшипников качения по ГОСТ 3325-55

Условия работы	Поля допусков для посадки подшипников классов точности		Область применения
	0 и 6	5 и 4	
1. ВРАЩАЕТСЯ ОТНОСИТЕЛЬНО НАГРУЗКИ ВАЛ			

ПОСАДКИ ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ НА ВАЛ (нагружение колес - циркуляционное)			
Особо тяжелые и тяжелые нагрузки (ударные нагрузки)	n6	n5	В основном для роликоподшипников в тяжелом машиностроении
Тяжелые нагрузки: работа с толчками и ударами)	m6	m5	В основном для роликоподшипников и крупных шарикоподшипников
Средние нагрузки. Тяжелые нагрузки в условиях необходимости частого ремонта	k6	k5	Для подшипников всех типов. <i>Основная посадка в машиностроении.</i>
Легкие нагрузки и высокие частоты вращения. Требования легкоперемотажа и регулировки	J <sub>s</sub> 6	J <sub>s</sub> 5	Для подшипников всех типов
ПОСАДКИ НАРУЖНЫХ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ В КОРПУС (нагружение колец – местное)			
Тяжелые нагрузки	K7	K6	Для роликоподшипников
Тяжелые и нормальные нагрузки. Большие частоты вращения	J <sub>s</sub> 7	J <sub>s</sub> 6	Для роликоподшипников
Нормальные и легкие нагрузки, в частности, при необходимости осевых перемещений для регулировки радиально-упорных подшипников	H7	H6	<i>Основная посадка в машиностроении</i>
Нормальные и легкие нагрузки. Малые частоты вращения (до 200об/мин)	H9	H8	В основном для разъемных корпусов
2. ВРАЩАЕТСЯ ОТНОСИТЕЛЬНО НАГРУЗКИ КОРПУС			
ПОСАДКИ ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ НА ВАЛ (нагружение колец - местное)			
Тяжелые нагрузки	J <sub>s</sub> 6	J <sub>s</sub> 5	В основном для роликоподшипников в тяжелом машиностроении
Тяжелые и нормальные нагрузки, в частности, при необходимости регулирования зазоров осевым перемещением внутреннего кольца	h6	h5	<i>Основная посадка в машиностроении</i>
Нормальные и легкие нагрузки	g6	g5	Для подшипников всех типов при невысоких требованиях к точности
Легкие нагрузки	f6	f5	Для подшипников всех типов
ПОСАДКИ НАРУЖНЫХ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ В КОРПУС (нагружение колец - циркуляционное)			
Тяжелые и нормальные нагрузки. Работа с толчками и ударами	P7	P6	В основном для роликоподшипников в тяжелом машиностроении
Тяжелые нагрузки в условиях необходимости облегченного перемотажа	N7	N6	В основном для роликоподшипников
Нормальные и легкие нагрузки. Необходимость облегченного перемотажа	M7	M6	Для подшипников всех типов при повышенных требованиях к точности
Большие частоты вращения (необходимо дополнительное)	K7	K6	Для подшипников всех типов

крепление от проворота)

Таблица 13.28. Допуски на торцовое биение заплечиков, мкм

Номинальные диаметры посадочных мест валов и отверстий корпусов (стаканов) под подшипники, мм	Классы точности подшипников							
	0	6	5	4	0	6	5	4
	Валы				Отверстия корпусов			
до 50	20	10	7	4	40	20	13	8
св. 50 до 80	25	12	8	6	40	20	13	8
св. 80 до 120	25	12	8	6	45	22	15	9
св. 120 до 150	30	15	10	8	50	25	18	10
св. 150 до 180	30	15	10	8	60	30	20	12
св. 180 до 250	30	15	10	8	70	35	22	15
св. 250 до 315	35	17	12	9	80	40	25	17
св. 315 до 400	40	20	13	10	90	45	30	20
св. 400 до 500	40	25	15	12	100	50	35	25

Таблица 13.29. Допуски формы поверхностей валов и отверстий корпусов

Класс точности подшипников	Допуск круглости, мкм	Допуск цилиндричности, мкм
0; 6	Половина допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности	Половина допуска на диаметр посадочной поверхности на длине этой поверхности
5; 4	Четверть допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности	Четверть допуска на диаметр в любом сечении посадочной поверхности на длине этой поверхности

Таблица 13.30. Шероховатость поверхностей посадки подшипников, мкм

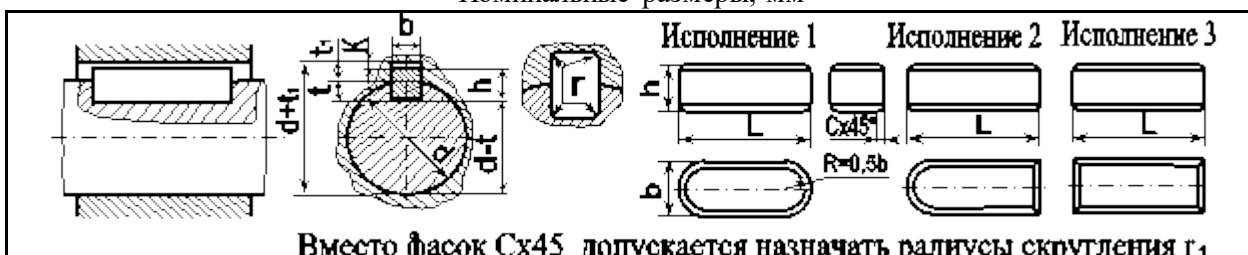
Посадочные поверхности	Классы точности подшипников			
	0; 6	5; 4	0; 6	5; 4
	Параметры шероховатости при диаметре до 80 мм		80-500 мм	
Валов	1,25	0,63	2,5	1,25
Отверстий корпусов (стаканов)	1,25	0,63	2,5	1,25
Торцов заплечиков валов и корпусов (стаканов)	2,5	1,25	2,5	1,25

### 13.1.8.2 Шпоночные соединения

При проектировании шпоночных соединений с призматическими шпонками, имеющими наибольшее применение в машиностроении, следует руководствоваться ГОСТ 23360-78 (таблица 13.31).

Таблица 13.31. Шпонки призматические (ГОСТ 23360-78).  
Номинальные размеры, мм

d	b	h	t	t <sub>1</sub>	γ		с или γ <sub>1</sub>		L
					min	max	min	max	
					От 6 до 8	2	2	1,2	
Св.8 до 10	3	3	1,8	1,4	0,08	0,16	0,16	0,25	6-36



Св. 10 до 12	4	4	2,5	1,8	0,08	0,16	0,16	0,25	8-45
Св. 12 до 17	5	5	3,0	2,3	0,16	0,25	0,25	0,40	10-56
Св. 17 до 22	6	6	3,5	2,8	0,16	0,25	0,25	0,40	14-70
Св. 22 до 30	8	7	4,0	3,3	0,16	0,25	0,25	0,40	18-90
Св. 30 до 38	10	8	5,0	3,3	0,25	0,40	0,40	0,60	22-110
Св. 38 до 44	12	8	5,0	3,3	0,25	0,40	0,40	0,60	28-140
Св. 44 до 50	14	9	5,5	3,8	0,25	0,40	0,40	0,60	36-160
Св. 50 до 58	16	10	6,0	4,3	0,25	0,40	0,40	0,60	45-226
Св. 58 до 65	18	11	7,0	4,4	0,25	0,40	0,40	0,60	50-180
Св. 65 до 75	20	12	7,5	4,9	0,40	0,60	0,60	0,80	56-180
Размер L в указанных пределах принимать из ряда: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180									
Отклонения размеров шпонок и пазов – по ГОСТ 7227-58									
Допускается в технически обоснованных случаях применять меньшие размеры сечений стандартных шпонок на валах больших диаметров, за исключением выходных концов валов									
В зависимости от принятой базы обработки и измерения на рабочих чертежах указывают размеры: $d + t_1$ – для втулки: $t$ ( <i>предпочтительный вариант</i> ) или $d - t$ – для вала									
Примеры обозначений шпонок: исполнения 1, размерами $b = 16$ мм, $h = 10$ мм, $L = 50$ мм: Шпонка 16 x10 x50 ГОСТ 23360-78. То же исполнения 2: Шпонка 2-16 x10 x50 ГОСТ 23360-78									

Выбор посадок "шпонка - паз вала" и "шпонка - паз втулки" производят в зависимости от желаемого вида соединения, который, в свою очередь, выбирают в зависимости от назначения посадки (для скользящих шпонок, для неподвижного соединения, для направляющих шпонок и т.п.) и серийности изготовления.

В большинстве случаев соединение шпонки с валом более плотное, чем со втулками. Это предотвращает выпадение шпонки из паза вала при монтаже и исключает ее передвижение при эксплуатации. Зазор же в соединении "шпонка - паз втулки" необходим для компенсации неточностей размеров, формы и взаимного расположения пазов.

В таблице 13.32 приведены поля допусков для элементов шпоночных соединений.

Таблица 13.32. Поля допусков элементов шпоночных соединений

Поля допусков размеров шпонки			
Размер шпонки	Обозначение размера	Отклонение размера шпонки	
		призматической	сегментной
Ширина	b	h9	h9
Высота	h	h11	
Длина	L	h14	
ПОЛЯ ДОПУСКОВ ШПОНОЧНЫХ ПАЗОВ			
Вид соединения	Поля допусков размера паза		Область применения
	На валу	Во втулке	
Соединения с призматическими шпонками			
Свободное	H9	D10	Для направляющих шпонок с длиной шпонки $L > 2d$
	N9	D10	Для направляющих шпонок с длиной шпонки $L < 2d$
	D10	H9	Для скользящих шпонок с длиной шпонки $L > 2d$
	D10	N9	Для скользящих шпонок с длиной шпонки $L < 2d$
Нормальное	N9	D10	Для неподвижного соединения при спокойном нагружении с длиной шпонки $L > 2d$
	N9	J <sub>s</sub> 9	Для неподвижного соединения при спокойном нагружении с длиной шпонки $L < 2d$
Плотное	P9	J <sub>s</sub> 9	Для неподвижного соединения при ударном нагружении с длиной шпонки $L > 2d$



	P9	P9	Для неподвижного соединения при ударном нагружении с длиной шпонки $L < 2d$
Соединения с сегментными шпонками			
Нормальное	N9	J <sub>S</sub> 9	Для серийного и массового производства
Плотное	P9	J <sub>S</sub> 9	Для единичного и серийного производства

Отклонения глубины паза на валу и во втулке выбирают в соответствии с таблицей 13.33. Предельные отклонения длины паза должны соответствовать Н15.

Таблица 13.33. Предельные отклонения глубины шпоночных пазов на валу и во втулке, мм

Высота шпонки h, мм	d-t <sub>1</sub>	d-t <sub>2</sub>	Параметры
св. 2 до 6	-0,1	+0,1	d диаметр вала, мм
св. 6 до 18	-0,2	+0,2	t <sub>1</sub> глубина шпоночного паза вала, мм
св. 18 до 50	-0,3	+0,3	t <sub>2</sub> глубина шпоночного паза втулки, мм

В таблице 13.34 приведены допуски расположения шпоночных пазов.

Таблица 13.34. Допуски параллельности и симметричности расположения шпоночных пазов в отверстиях и на валу

Вид смещения	Допуск
Перекас (по длине паза)	0,5 от допуска на ширину шпоночного паза
Несимметричность: при одной шпонке	2,0 от допуска на ширину шпоночного паза
при двух шпонках	0,5 от допуска на ширину шпоночного паза

Структура условного обозначения шпоночного соединения должна иметь следующий вид: **1 2/3**,

где 1 - основной посадочный размер b (ширина шпонки), мм;

2 - поле допуска шпоночного паза;

3 - поле допуска шпонки.

Пример. Ширина шпонки  $b = 12$  мм, посадка шпонки в паз вала N9/h9, посадка шпонки в паз втулки Js9/h9. Допуск на ширину паза на валу равен 43 мкм, допуск на ширину паза во втулке равен 42 мкм.

Допуски параллельности и симметричности расположения шпоночных пазов на валу и во втулке, а также шероховатость поверхностей этих пазов в соединениях *сегментными* шпонками назначают аналогично допускам и шероховатости соединений призматическими шпонками.

### 13.1.8.3 Шлицевые соединения

В процессе проектирования *шлицевых соединений* необходимо выбрать способ *центрирования* втулки и вала для обеспечения точности совпадения их геометрических осей и назначить их *посадку*.

#### 13.1.8.3.1 Прямобоочные шлицевые соединения

Параметры прямобоочных шлицевых соединений приведены в таблице 13.35.

Таблица 13.35. Соединения шлицевые прямобоочные (ГОСТ 1139-80). Номинальные размеры, мм

Z		Исполнение А					Исполнение В				
ZxdxD	b	d <sub>1min</sub>	a <sub>min</sub>	f	r <sub>max</sub>	ZxdxD	b	d <sub>1min</sub>	a <sub>min</sub>	f	r <sub>max</sub>
ЛЕГКАЯ СЕРИЯ											
8x42x48	8	39,5	2,57	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3						

6x23x26	6	22,1	3,54	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	8x46x54	9	42,7	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
6x26x30	6	24,6	3,85	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	8x52x60	10	48,7	2,44	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
6x28x32	7	26,7	4,03	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	8x56x65	10	52,2	2,5	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8x32x36	6	30,4	2,71	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3	8x62x72	12	57,8	2,4	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8x36x40	7	34,5	3,46	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3	10x72x82	12	67,4	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8x42x46	8	40,4	5,03	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3	10x82x92	12	87,3	3,0	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8x46x50	9	44,6	5,75	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3	ТЯЖЕЛАЯ СЕРИЯ					
8x52x58	10	49,7	4,89	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5	10x16x20	2,5	14,1	-	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
8x56x62	10	53,6	6,38	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5	10x18x23	3	15,6	-	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
8x62x68	12	59,8	7,31	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5	10x21x26	3	18,5	-	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
10x72x78	12	69,6	5,45	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5	10x23x29	4	20,3	-	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
10x82x88	12	79,3	8,62	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5	10x26x32	4	23,0	-	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
СРЕДНЯЯ СЕРИЯ						10x28x35	4	24,4	-	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
6x11x14	3	9,9	-	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	10x32x40	5	28,0	-	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
6x13x16	3,5	12,0	-	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	10x36x45	5	31,3	-	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
6x16x20	4	14,54	-	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	10x42x52	6	36,9	-	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
6x18x22	5	16,7	-	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	10x46x56	7	40,9	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
6x21x25	5	19,5	1,95	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	16x52x60	5	47,0	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
6x23x28	6	21,3	1,34	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2	16x56x65	5	50,6	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
6x26x32	6	23,4	1,65	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3	16x62x72	6	56,1	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
6x28x34	7	25,9	1,70	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3	16x72x82	7	65,9	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8x32x38	6	29,4	-	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3	20x82x92	6	75,6	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8x36x42	7	33,5	1,02	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3	20x92x102	7	85,5	-	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
Фаска у пазов отверстия втулки может быть заменена закруглением, радиус которого равен величине f											

Для сопряжения шлицевой втулки и вала прямобочных соединений следует выбрать один из трех возможных способов их центрирования:

- по наружному диаметру  $D$  (см. рис. 13.20);
- по внутреннему диаметру  $d$  (см. рис. 13.21);
- по боковым сторонам шлицев  $b$  (см. рис. 13.22).



Рис.13.20



Рис.13.21

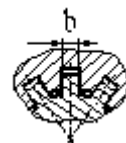


Рис.13.22

Центрирование по одному из диаметров ( $D$  или  $d$ ) применяют в тех случаях, когда необходима повышенная точность совпадения геометрических осей сопрягаемых деталей.

При твердости материала ступицы (втулки) менее  $HV\ 350$  (наиболее частый случай) центрирование осуществляют по наружному диаметру  $D$ . В этом случае сопрягаемую поверхность в отверстии ступицы обрабатывают протягиванием, а на валу - круглым шлифованием.

При твердости материала ступицы более  $HV\ 350$  применяют центрирование по внутреннему диаметру  $d$ . В этом случае центрирующие поверхности ступицы и вала шлифуют, что удорожает изготовление соединения.

Центрирование по боковым сторонам шлицев применяют в том случае, когда точность совпадения геометрических осей не имеет существенного значения, но требуется обеспечить прочность соединения в процессе эксплуатации (например, карданные валы в автомобилях) или когда по условиям работы требуются минимальные зазоры по  $b$  (например, при действии знакопеременного момента).

Допуски и посадки прямобочных шлицевых соединений приведены в таблице 13.36.

Структура условного обозначения шлицевого прямобочного соединения должна иметь следующий вид:

где 1 - обозначение поверхности центрирования; 2 - числа шлицев соединения; 3, 6, 9 - номинальные размеры  $d$ ,  $D$  и  $b$ ; 4, 7, 10, 5, 8, 11 - обозначения полей допусков отверстий и валов по диаметрам  $d$ ,  $D$  и по боковым сторонам шлицев  $b$ .

В обозначении допускается не указывать допуски нецентрирующих диаметров.

Пример условного обозначения соединения, втулки и вала:

$$d - 8 \times 42 \frac{H7}{f7} \times 46 \times 8 \frac{D9}{h9}$$

для шлицевого соединения с числом шлицев  $z = 8$ , внутренним диаметром  $d = 42$  мм, наружным диаметром  $D = 46$  мм, шириной шлица  $b = 8$  мм, с центрированием по  $d$ , с посадками по  $d - H7/f7$  и по  $b - D9/h9$ :

- для отверстия этого же соединения:

$d-8 \times H7 \times 46 \times 8 D9$  или  $d-8 \times 42 H7 \times 46 H12 \times 8 D9$

для вала этого же соединения:

$d-8 \times 42 f7 \times 46 \times 8 h9$  или  $d-8 \times 42 f7 \times 46 a11 \times 8 h9$

Таблица 13.36. Допуски шлицевых прямобочных соединений по ГОСТ 1139-80

Поверхность центрирования	Посадки			Примечание
	по $d$	по $b$	по $D$	
Для неподвижных соединений, работающих при больших ударных нагрузках и редкой разборке				
$b$	-	$F8/js7$	-	-
Для неподвижных соединений, работающих при умеренных нагрузках и частой сборке				
$d$	$H7/g6$	$D9/js7$ $D9/k7$ $F10/js7$	-	При средних скоростях
$b$	-	$F8/js7$	-	При малых скоростях
$D$	-	$F8/js7$	$H7/js6$	При значительных скоростях
Для подвижных соединений, перемещающихся под нагрузкой				
$d$	$H7/f7$ $H7/g6$	$D9/h9$ $D9/js7$ $F10/f9$	-	Поверхности термообработать
Для неподвижных соединений, перемещающихся без нагрузки или при малой нагрузке (предпочтительнее центрирование по $D$ )				
$d$	$H7/f7$ $H7/g6$	$D9/h9$ $F10/f9$	-	При малых и средних скоростях (термообработка до невысокой твердости)
$D$	-	$F8/f7$ $F8/f8$	$H7/f7$	При значительных скоростях

### 3.8.3.2 Эвольвентные шлицевые соединения

Параметры эвольвентных шлицевых соединений приведены в таблице 13.37.

Таблица 13.37. Соединения шлицевые (зубчатые) эвольвентные (ГОСТ 6033-80). Номинальные размеры, мм

	Номинальный диаметр соединения	$D$
	Модуль	$m$
Число зубьев	$Z$	
Диаметр делительной окружности	$d_d$	
Угол давления	$\alpha = 30^\circ$	
Номинальная толщина зубьев вала и ширина впадины отверстия	$S = 0,5\pi m + 2x \operatorname{tg} \alpha$	
Смещение исходного контура	$x$	
Диаметры вала	наружный (окружности выступов)	$d_a = D$
	внутренний (окружности впадин)	$d_f = d - 2,4 m$

Диаметры отверстия	наружный (окружности впадин) при центрировании:						по D		D <sub>f</sub> = D			
	внутренний (окружности выступов)						по S		D <sub>f</sub> = D + 0,4 m			
							D <sub>a</sub> = D - 2 m		f = 0,1 m			
Высота фаски у кромки шлица вала при центрировании по D												
D, мм	m = 1 мм		m = 1,5 мм		m = 2 мм		m = 2,5 мм		m = 3,5 мм		m = 5 мм	
	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X
12	11	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	12	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	14	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	16	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	18	0,5	12	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
22	20	0,5	14	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
25	24	0	16	-0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
28	26	0,5	18	-0,25	12	1	-	-	-	-	-	-
30	28	0,5	18	0,75	14	0	-	-	-	-	-	-
32	30	0,5	20	0,25	14	1	-	-	-	-	-	-
35	34	0	22	0,25	16	0,5	12	1,25	-	-	-	-
38	36	0,5	24	0,25	18	0	14	0,25	-	-	-	-
40	38	0,5	26	-0,25	18	1	14	1,25	-	-	-	-
42	-	-	26	0,75	20	0	16	-0,25	-	-	-	-
45	-	-	28	0,75	22	-0,5	16	1,25	-	-	-	-
50	-	-	32	0,25	24	0	18	1,25	-	-	-	-
55	-	-	36	-0,25	26	0,5	20	1,25	14	1,25	-	-
60	-	-	38	0,75	28	1	22	1,25	16	0,25	-	-
65	-	-	-	-	32	-0,5	24	1,25	18	-0,75	-	-
70	-	-	-	-	34	0	26	1,25	18	1,75	12	2,5
75	-	-	-	-	36	0,5	28	1,25	20	0,75	14	0
80	-	-	-	-	38	1	30	1,25	22	-0,25	14	2,5
85	-	-	-	-	-	-	32	1,25	24	-1,25	16	0

Для шлицевых втулки и вала эвольвентного илицевого соединения необходимо выбрать один из четырех возможных способов их центрирования:

по боковым сторонам (по s) (см. рис. 13.23);

по наружному диаметру D (см. рис. 13.24);

по внутреннему диаметру d (см. рис. 13.25);

- относительно вспомогательной цилиндрической поверхности (см. рис. 13.26).

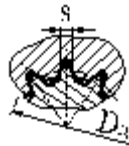


Рис.13.23



Рис.13.24



Рис.13.25

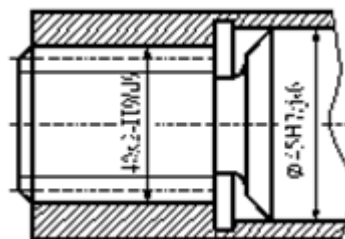


Рис.13.26

Наиболее распространенными являются первые два способа, причем центрирование по s является наиболее экономичным, а по D - наиболее точным.

Размеры шлицевых соединений с эвольвентным профилем шлицев стандартизированы ГОСТ 6033-80.

Посадки шлицевых эвольвентных соединений и возможная область их применения приведены в таблице 13.38.

Структура условного обозначения шлицевого эвольвентного соединения должна иметь следующий вид:

$$12 \times \frac{3}{4} \times 5 \times \frac{6}{7} 8$$

где 1 - обозначение центрирования по внутреннему диаметру;

2 - номинальный диаметр соединения D;

3, 4, 6, 7 - обозначение полей допусков центрирующих диаметров отверстий и валов (допуски нецентрирующих диаметров в обозначении не указывать);

5 - модуль, мм;

8 - номер стандарта.

Примеры:

а) обозначение соединения D = 40 мм, m = 2 мм с центрированием по боковым сторонам шлицев, посадка H9/g9:

40x2x9H/9g ГОСТ 6033-80

Обозначение втулки того же соединения: 40x2x9H ГОСТ 6033-80;

Обозначение вала того же соединения: 40x2x9g ГОСТ 6033-80;

б) обозначение соединения D = 40 мм, m = 2 мм с центрированием по наружному диаметру, посадка H7/g6:

40xH7/g6x2 ГОСТ 6033-80

Обозначение втулки того же соединения: 40xH7x2 ГОСТ 6033-80;

Обозначение вала того же соединения: 40xg6x2 ГОСТ 6033-80;

в) обозначение соединения D = 40 мм, m = 2 мм с центрированием по внутреннему диаметру, посадка H7/g6:

i40x2xH7/g6 ГОСТ 6033-80

Обозначение втулки того же соединения: i40x2xH7 ГОСТ 6033-80;

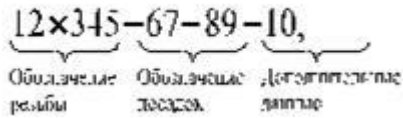
Обозначение вала того же соединения: i40x2xg6 ГОСТ 6033-80.

Таблица 13.38. Посадки шлицевых эвольвентных соединений

Поверхность центрирования	Посадки			Примечания
	по s	по D	по d	
Для неподвижных соединений, работающих при больших ударных нагрузках и редкой разборке				
s	7H/9r; 7H/8p; 7H/7n	H11/h11	-	-
Для неподвижных соединений, работающих при умеренных нагрузках и частой разборке				
s	7H/8k; 7H/7h; 9H/9q; 9H/9h	H11/h12	-	При малых скоростях
D	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H7/n6; H7/j <sub>s</sub> 6	-	При значительных скоростях
d	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H11/h12	H7/n6; H7/h6; H7/g6	-
Для подвижных соединений, перемещающихся под нагрузкой				
d	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H11/h12	H7/h6; H7/g6	Поверхности термообработать
Для подвижных соединений, перемещающихся без нагрузки				
d	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H11/h12	H7/h6; H7/g6	При малых и средних скоростях термообработка до невысокой твердости)
D	9H/9h; 9H/9g; 9H/9d	H7/h6; H7/g6; H7/f7	-	При значительных скоростях

### 13.1.8.4 Резьбовые соединения

Условное обозначение резьбового соединения должно включать обозначения резьбы и посадок, а также дополнительные данные, например, радиус обязательного закругления впадины резьбы винта; длину свинчивания, к которой относится допуск резьбы, и т.п.:



где 1 - тип резьбы: М - метрическая, МК - метрическая коническая, Тг - трапециевидная, S - упорная;

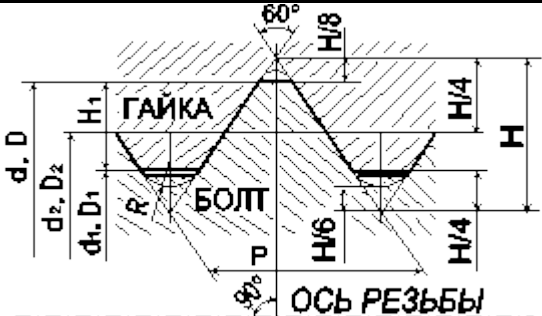
- 2 - номинальный наружный диаметр;
- 3 - шаг однозаходной резьбы или ход многозаходной резьбы;
- 4 - шаг многозаходной резьбы;
- 5 - направление резьбы;
- 6, 7 - поле допуска соответственно среднего и внутреннего диаметров гайки;
- 8, 9 - поле допуска соответственно среднего и наружного диаметров болта.

Для правой метрической резьбы крупного шага элементы 3 и 5 обозначения следует опустить.

Левую резьбу обозначают LH.

Параметры метрических резьб приведены в таблице 13.39.

Таблица 13.39. Резьба метрическая (ГОСТ 9150-59). Основные размеры, мм

									
<p><math>d, d_1, d_2</math> - диаметры резьбы болта;  <math>D, D_1, D_2</math> - диаметры резьбы гайки;  <math>d = D</math> - наружный диаметр резьбы;  <math>d_1 = D_1</math> - внутренний диаметр резьбы;  <math>d_2 = D_2</math> - средний диаметр резьбы;  <math>P</math> - шаг резьбы;  <math>H_1</math> - высота профиля резьбы  <math>H = 0,866025P</math>;  <math>H_1 = 5/8H = 541266P</math>;</p>									
<p>Форма впадины резьбы болта, если нет указаний, не регламентируется и может быть как закругленной, так и плоскосрезанной. Закругленная форма впадины резьбы болта является предпочтительной. Исходным при проектировании резьбообразующего инструмента является скругление или срез на расстоянии <math>H/6=0,144P</math> от вершины остроугольного профиля. Обязательное закругление впадины резьбы болта должно быть указано в технических требованиях или в конце обозначения резьбы должна быть добавлена буква R, например, M12-6g-R</p>									
<p><b>ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБ:</b>  с крупными шагами обозначают буквой М и размером диаметра (M8 и т.д.);  с мелкими шагами – буквой М, размером диаметра и размером шага через знак умножения (M12x1,25и т.д.)</p>									
P	d = D	d <sub>2</sub> = D <sub>2</sub>	d <sub>1</sub> = D <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	P	d = D	d <sub>2</sub> = D <sub>2</sub>	d <sub>1</sub> = D <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
С крупным шагом					С мелким шагом				
0,40	2,0	1,740	1,567	0,216	0,35	2,5	2,273	2,121	0,189
0,45	2,5	2,208	2,013	0,243		3	2,773	2,621	

0,50	3	2,675	2,459	0,270		(3,5)	3,273	3,121	
0,60	(3,5)	3,110	2,850	0,325	0,50	4	3,675	3,459	0,270
0,70	4	3,546	3,242	0,379		(4,5)	4,175	3,959	
0,75	(4,5)	4,013	3,688	0,406		5	4,675	4,459	
0,80	5	4,480	4,134	0,433		6	5,675	5,459	
1	6	5,350	4,918	0,541		8	7,675	7,459	
1,25	8	7,188	6,047	0,676		10	9,675	9,459	
1,5	10	9,026	8,376	0,812		12	11,675	11,459	
1,75	12	10,863	10,106	0,947		(14)	13,675	13,459	
2	(14)	12,701	11,835	1,082		16	15,675	15,459	
2	16	14,701	13,835	1,082		(18)	17,675	17,459	
2,5	(18)	16,376	15,294	1,353		20	19,675	19,459	
С мелким шагом									
0,75	6	5,513	5,188	0,406	1,5	16	15,026	14,376	0,812
	8	7,513	7,188			(18)	17,026	16,376	
	10	9,513	9,188			20	19,026	18,376	
	12	11,513	11,188			(22)	21,026	20,376	
	(14)	13,513	13,188			24	23,026	22,376	
	16	15,513	15,188			27	26,026	25,376	
	(18)	17,513	17,188			30	29,026	28,376	
	20	19,513	19,188			(33)	32,026	31,376	
1,0	8	7,350	6,918	0,541		36	35,026	34,376	
	10	9,350	8,918			(39)	38,026	37,376	
	12	11,350	10,918			42	41,026	40,376	
	(14)	13,350	12,918			(45)	44,026	43,376	
	16	18,350	14,918		48	47,026	46,376		
	(18)	17,350	16,918		(52)	51,026	50,376		
	20	19,350	18,918		56	55,026	54,376		
1,25	10	9,188	8,647	0,676	2,0	56	54,701	53,835	
	12	11,188	10,647			(60)	58,701	57,835	
	(14)	13,188	12,647			64	62,701	61,835	
1,5	12	11,026	10,376	0,812		(68)	66,701	65,835	
	(14)	13,026	12,376			72	70,701	69,835	

Обозначение полей допуска диаметра должно состоять из цифры, показывающей степень точности, и буквы, означающей основное отклонение, например, *6h*, *7H*.

Обозначение поля резьбы должно включать обозначение поля допуска среднего диаметра и поля допуска диаметра вершин (внутреннего для гаек и наружного для болтов), например, *5H6H*. В случае, когда поле допуска по вершинам резьбы совпадает с полем допуска среднего диаметра, в обозначении допуска резьбы записывают одно поле, например, *6h*.

Допуск резьбы необходимо относить к наибольшей нормальной длине свинчивания *N* (таблица 13.40) или ко всей резьбе, если она меньше *L*. Длина свинчивания должна быть оговорена в технических требованиях или указана в обозначении резьбы, если она относится к группе *L* (большие длины свинчивания) или к группе *S* (малые длины свинчивания), но меньше, чем вся длина резьбы.

Таблица 13.40. Длины свинчивания по ГОСТ 16093-81

Шаг резьбы <i>P</i> , мм	Номинальный диаметр резьбы <i>d</i> по ГОСТ 8724-81, мм	Длина свинчивания, мм		
		<i>S</i> (малые)	<i>N</i> (нормальные)	<i>L</i> (большие)
0,5	Св. 2,8 до 5,6	До 1,5	Св. 1,5 до 4,5	Св. 4,5
	Св. 5,6 до 11,2	До 1,6	Св. 1,6 до 4,7	Св. 4,7
	Св. 11,2 до 22,4	До 1,8	Св. 1,8 до 5,5	Св. 5,5
0,75	Св. 2,8 до 5,6	До 2,2	Св. 2,2 до 6,7	Св. 6,7

	Св. 5,6 до 11,2 Св. 11,2 до 22,4 Св. 22,4 до 45,0	До 2,4 До 2,8 До 3,1	Св. 2,4 до 7,1 Св. 2,8 до 8,3 Св. 3,1 до 9,5	Св. 7,1 Св. 8,3 Св. 9,5
1,0	Св. 5,6 до 11,2 Св. 11,2 до 22,4 Св. 22,4 до 45,0 Св. 45,0 до 90,0	До 3,0 До 3,8 До 4,0 До 4,8	Св. 3,0 до 9,0 Св. 3,8 до 11,0 Св. 4,0 до 12,0 Св. 4,8 до 14,0	Св. 9,0 Св. 11,0 Св. 12,0 Св. 14,0
1,25	Св. 5,6 до 11,2 Св. 11,2 до 22,4	До 4,0 До 4,5	Св. 4,0 до 12,0 Св. 4,5 до 13,0	Св. 12,0 Св. 13,0
1,5	Св. 5,6 до 11,2 Св. 11,2 до 22,4 Св. 22,4 до 45,0 Св. 45,0 до 90,0	До 5,0 До 5,6 До 6,3 До 7,5	Св. 5,0 до 15,0 Св. 5,6 до 16,0 Св. 6,3 до 19,0 Св. 7,5 до 22,0	Св. 15,0 Св. 16,0 Св. 19,0 Св. 22,0
1,75	Св. 11,2 до 22,4	До 6,0	Св. 6,0 до 18,0	Св. 18,0
2	Св. 11,2 до 22,4 Св. 22,4 до 45,0 Св. 45,0 до 90,0	До 8,0 До 8,5 До 9,5	Св. 8,0 до 24,0 Св. 8,5 до 25,0 Св. 9,5 до 28,0	Св. 24,0 Св. 25,0 Св. 28,0
2,5	Св. 11,2 до 22,4	До 10,0	Св. 10,0 до 30,0	Св. 30,0

Поля допусков винтов и гаек с метрической резьбой следует выбирать в зависимости от классов точности (таблица 13.41). В таблице приведены поля допусков для получения посадок резьбовых деталей с зазором, причем первыми указаны поля допусков на средний диаметр, а вторыми – на диаметр выступов (на наружный диаметр винта или на внутренний диаметр гайки).

Таблица 13.41. Поля допусков метрической резьбы по ГОСТ 16093-81

Класс точности	Длина свинчивания									
	S		N				L			
Поля допусков болтов										
Точный	-	3h4h	-	-	-	4g	4h	-	-	5h4h
Средний	5g6g	5h6h	6d	6e	6f	6g*	6h	7e6e	7g6g	7h6h
Грубый	-	-	-	-	-	8g	8h**			
Поля допусков гаек										
Точный	-	4H	-	4H5H, 5H		-	6H			
Средний	5G	5H	6G	6H*		7G	7H			
Грубый	-	-	7G	7H		8G	8H			
*Предпочтительные поля допусков.										
**Только для резьб с шагом более 0,8 мм. Для резьб с мм следует применять поле допуска 8h6h.										

Поля допусков точного класса рекомендуется применять для ответственных резьб, где допускаются малые колебания зазоров в посадках; поля допусков среднего класса – для резьб общего назначения; поля допусков грубого класса – при получении резьб на горячекатаных заготовках, в длинных глухих отверстиях.

Поля допусков основных отклонений *g, G, e, d*, обеспечивающие гарантированные зазоры в соединениях, следует применять для обеспечения легкой свинчиваемости при наличии небольшого загрязнения или повреждения резьбы, для компенсации температурных деформаций элементов резьбы, при нанесении на резьбу защитных покрытий.

Переходные посадки резьбовых деталей с метрической резьбой нормированы ГОСТ 24834-81.

Посадки резьбовых соединений с метрической резьбой с натягом нормированы ГОСТ 4608-81.

Поля допусков трапецеидальной однозаходной резьбы, устанавливаемые в зависимости от длины свинчивания и требований, предъявляемым к точности резьбового соединения, приведены в таблице 13.42.

При назначении шероховатости резьб следует руководствоваться данными таблицы 13.43.

Таблица 13.42. Поля допусков трапецеидальной однозаходной резьбы по ГОСТ 9562-81



Длины свинчивания	Степень точности	Поля допусков	
		Винтов	Гаяк
N Нормальные	6	6g, 6e	6H
	7	7g, 7e	7H
	8	8e, 8c	8H
L длинные	7	7e	7H
	8	8e	8H
	9	9c	9H

Таблица 13.43. Выбор шероховатости резьбовых соединений

Область применения резьбы	Параметр шероховатости Ra, мм для резьб классов точности		
	точного	среднего	грубого
Крепежная резьба на болтах, винтах и гайках	1,25	2,5	R <sub>z</sub> =20; R <sub>z</sub> =40
Резьба на валах, втулках, в том числе коническая	0,63; 1,25	1,25	2,5
Резьба ходовых и грузовых винтов	0,32	0,63	1,25
Резьба гаяк для ходовых и грузовых винтов	0,32; 0,63	1,25	2,5

Таблица 13.44. Примеры условного обозначения резьб на чертежах

Вид посадки	Обозначение резьб			
	На сборочном чертеже	На чертежах		
	Винтов, болтов, пробок	Шпилек	Гаяк, муфт	Гнезд
Метрическая правая резьба				
С зазором	M20x1-6H/6g-R	M20x1-6g-R	M20x1-6H	
С натягом		M20x1-3n(2)	M20x1-2H4D(2)	
Метрическая левая резьба				
С зазором	M20x1-LH-6H/6g	M20x1-LH-6g		M20x1-LH-6H
Метрическая наружная и внутренняя коническая резьба				
	МК20x1 СТ СЭВ 304-76			
Метрическая наружная коническая и внутренняя цилиндрическая резьбы				
	М/МК 20x1 СТ СЭВ 304-76	МК20x1 СТ СЭВ 304-76	M20x1	
Трапецеидальная однозаходная резьба				
	Tr20x4-7H/7e-50	Tr20x4-7e	Tr20x4-7H	
Трапецеидальная многозаходная резьба				
	Tr20x4/P2/-7H/7e-50	Tr20x4/P2/-7e	Tr20x4/P2/-7H	
<i>Цифра (2) означает номер сортировочной группы</i>				

### 13.1.8.5 Зубчатые и червячные передачи

При проектировании *зубчатых и червячных передач* помимо выбора типа передачи, ее конструктивной схемы, материала и способа изготовления основных элементов, определения основных размеров, необходимо назначать *точность изготовления и монтажа передачи*.

*Точность изготовления* таких передач регламентируется соответствующими стандартами (таблица 13.45), предусматривающими 12 степеней точности (от 1-й, наиболее точной, до 12-й).

*Степень точности* следует выбирать в зависимости от назначения и условий работы передачи. Рекомендации по выбору наиболее распространенных в общем машиностроении степеней точности (с 6-й по 9-ю) приведены в таблицах 13.46 и 13.47.

Каждую степень точности, характеризуемую тремя *видами норм (кинематической точностью, плавностью работы и пятном контакта зубьев)*, допускается комбинировать из различных степеней точности по этим нормам.

Нормы плавности работы колеса можно назначать не более, чем на две ступени точнее или на одну ступень грубее степени кинематической точности, а норму контакта зубьев - более точной, чем норма плавности.

Во избежание заклинивания зубьев в зацеплении должен быть назначен *гарантированный боковой зазор*, регламентируемый видом сопряжения зубчатых колес (таблица 13.48).

Таблица 13.45. Основные стандарты в области зубчатых и червячных передач

Объект стандартизации		Передачи		
		Цилиндрические эвольвентные	Конические	Червячные цилиндрические
Термины, определения и обозначения		ГОСТ 16530-83 ГОСТ 16531-83	ГОСТ 16530-83 ГОСТ 19325-73	ГОСТ 16530-83 ГОСТ 18498-89
Расчеты геометрии		ГОСТ 16532-70 (внешнее зацепление) ГОСТ 19274-73 (внутреннее зацепление)	ГОСТ 19624-74 (прямозубые) ГОСТ 19326-73 (с круговыми зубьями)	ГОСТ 19650-74
Модуль и коэффициент диаметра червяка		ГОСТ 9563-60	ГОСТ 9563-60	ГОСТ 19672-74
Исходные контуры	0,1<m<1	ГОСТ 9567-81	ГОСТ 19587-74 (прямозубые)	ГОСТ 20184-81
	m>1	ГОСТ 13755-81	ГОСТ 13754-81 (прямозубые) ГОСТ 16202-81 (с круговыми зубьями)	ГОСТ 19036-81
Допуски	Термины	ГОСТ 1643-81	ГОСТ 1643-81 ГОСТ 1758-81	ГОСТ 3675-81 ГОСТ 3625-81
Нормы точности	0,1<m<1	ГОСТ 9178-81	ГОСТ 9368-81	ГОСТ 9774-81
	m>1	ГОСТ 1643-81	ГОСТ 1758-81	ГОСТ 3675-81
Основные параметры		ГОСТ 2185-66 ГОСТ 13733-77	ГОСТ 12289-76	ГОСТ 2144-76
Расчеты на прочность		ГОСТ 21354-87	-	-
Правила выполнения чертежей		ГОСТ 2.403-75	ГОСТ 2.405-75	ГОСТ 2.406-76

Таблица 13.46. Допускаемые скорости и области применения зубчатых передач в зависимости от степени точности и параметра шероховатости рабочих поверхностей зубьев

Окружные скорости колес (не более), м/с				Области применения	Степень точности	Параметры шероховатости, мкм
Прямозубых		Непрямозубых				
Цилиндрически	Конические	Цилиндрически	Конические			
20	12	35	25	Передачи с точной согласованностью вращения колес или работающих при повышенных скоростях и больших нагрузках. Колеса делительных	6 (высокоточные передачи)	R <sub>a</sub> =1,25

				механизмов. Ответственные колеса авиа-, авто- и станкостроения		
15	8	25	16	Передачи, работающие при повышенных скоростях и умеренных нагрузках. Колеса подачи в станках. Колеса редукторов нормального ряда	7 (точные - передачи)	$R_a=2,5$
6	4	10	8	Колеса общего машиностроения. Колеса станков, не входящие в делительные цепи. Колеса сельскохозяйственных машин	8 (передачи средней точности)	$R_z=20$
2	1,5	4	3	Колеса, предназначенные для грубой работы. Передачи, выполненные по конструктивным соображениям больши ми, чем требовалось по расчету	8 (передачи пониженной точности)	$R_z=40$

Таблица 13.47. Рекомендации по выбору степени точности и параметров шероховатости для силовых червячных передач

Условия работы	Метод обработки	Скорость скольжения, м/с	Степень точности передачи	Параметр шероховатости $R_a$ , мкм, рабочих поверхностей	
				витка червяка	зубьев колеса
Высокоточные скоростные передачи, работающие с большими нагрузками	Червяк цементирован и закален (или только закален). Боковые поверхности витков червяков шлифованы и полированы, колесо нарезается червячными фрезами. Обкатка под нагрузкой	До 25	6 (высокоточные)	0,32	1,25

Промышленные и транспортные силовые передачи с повышенными требованиями в отношении бесшумности	Червяк закален, шлифован и полирован. Колесо нарезается шлифованными червячными фрезами. Обкатка под нагрузкой	До 10	7 (точные)	0,32	1,25
Промышленные и транспортные силовые среднескоростные передачи. Передачи подъемных и поворотных механизмов	Допускается червяк с НВ 350, нешлифованный. Колесо нарезается шлифованной червячной фрезой или «летучим» резцом. Рекомендуется обкатка под нагрузкой	До 5	8 (средней точности)	0,63	2,5
Неответственные передачи при кратковременной работе, в том числе с ручным приводом	Червяк с НВ < 350 не шлифуется. Колесо нарезается любым способом	До 2	9 (пониженной точности)	1,25	20

Таблица 13.48. Рекомендуемые стандартами соответствия между показателями точности и бокового зазора

Модуль, мм	Степень точности по нормам плавности работы	Вид сопряжения	Вид допуска на боковой зазор	Класс отклонений межосевого расстояния
Передачи зубчатые цилиндрические				
1-55	3-12	A	a	VI
1-55	3-11	B	b	V
1-55	3-9	C	c	IV
1-55	3-8	D	d	III
1-55	3-7	E	h	II
1-55	3-7	H	h	II
0,1-0,5	3-10	D	e	VI
0,5-1,0	3-12	D	e	VI
0,1-0,5	3-10	E	e	V
0,5-1,0	3-12	E	e	V
0,1-1,0	3-10	F	f	IV
0,1-1,0	3-8	G	g	III
0,1-1,0	3-7	H	h	II
Передачи конические и гипоидные				
1-56	4-12	A	a	-
1-56	4-10	B	b	-
1-56	4-9	C	c	-
1-56	4-8	D	d	-
1-56	4-7	E	h	-
1-56	4-7	H	h	-
0,5 и менее	4-10	D	e	-
свыше 0,5	4-12	D	e	-
0,5 и менее	4-10	E	e	-

свыше 0,5	4-12	E	e	-
менее 1,0	4-10	F	f	-
менее 1,0	4-8	G	g	-
менее 1,0	4-7	H	h	-
Передачи червячные цилиндрические				
1-25	5-12	A	a	-
1-25	5-12	B	b	-
0,5-1,0	3-12	D, E	e	-
1-25	3-9	C	c	-
1-25	3-8	D	d	-
1-25	1-6	E	h	-
1-25	1-6	H	h	-
0,1-0,5	3-10	D, E	e	-
0,5-1,0	3-12	D, E	e	-
0,1-1,0	3-10	F	f	-
0,1-1,0	3-8	G	g	-
0,1-1,0	3-7	H	h	-

Для зубчатых и червячных передач с модулем  $m$  более 1 мм стандартизованы *шесть видов сопряжений*:

- H - с нулевым зазором;
- E - с весьма малым зазором;
- D - с малым зазором;
- C - с уменьшенным зазором;
- B - с нормальным зазором;
- A - с увеличенным зазором.

Для реверсивных передач следует применять сопряжения D и C.

Для неревверсивных передач рекомендуется применять сопряжение B.

Для цилиндрических зубчатых и червячных передач с нерегулируемым расположением осей показателем, обеспечивающим боковой зазор, является отклонение межосевого расстояния  $f_a$ .

Для конических передач показателем, обеспечивающим боковой зазор, является отклонение межосевого угла.

Предельные отклонения межосевого расстояния для цилиндрических зубчатых и для червячных передач приведены в таблицах 13.49 и 13.50.

Таблица 13.49. Гарантированный боковой зазор  $j_{n \min}$ , (мкм), предельные отклонения межосевого расстояния  $f_a$  (мкм) цилиндрической передачи по ГОСТ 1643-81

Вид Сопряжения	Пара-метр	Межосевое расстояние, 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
H	$J_{n \min}$	0	0	0	0	0	0	0
E		30	35	40	46	52	57	63
D		46	54	63	72	81	89	97
C		74	87	100	115	130	140	155
B		120	140	160	185	210	230	250
A		190	220	250	290	320	360	400
H, E	$6f_a$	16	18	20	22	25	28	30
D		22	28	30	35	40	45	50
C		35	45	50	55	60	70	80
B		60	70	80	90	100	110	120
A		100	110	120	140	160	180	200

Для передач с углом зацепления, не равным углу профиля исходного контура, предельное отклонение межосевого расстояния  $f_a$  изменяется в отношении

Таблица 13.50. Предельные отклонения межосевого расстояния червячной цилиндрической передачи  $b_{f_a}$ , мкм

Степень точности передачи	Межосевое расстояние, мкм							
	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	Св. 500 до 630
6	28	32	38	42	45	50	53	56
7	45	50	60	67	75	80	85	90
8	71	80	90	105	110	125	130	140
9	110	130	150	160	180	200	210	240

Предельные отклонения межосевого угла конической ортогональной передачи приведены в таблице 13.51.

Таблица 13.51. Гарантированный боковой зазор  $j_{n \min}$  и предельные отклонения межосевого угла конической передачи

Вид сопряжения	Параметр	Среднее конусное расстояние R, мм														
		до 50			Св. 80 до 100			Св. 100 до 200			Св. 200 до 400			Св. 400 до 800		
		Угол делительного конуса, град														
		До 15	Св. 15 до 25	Св. 25 до 33	До 33	Св. 33 до 39	Св. 39 до 46	До 46	Св. 46 до 54	Св. 54 до 63	До 63	Св. 63 до 72	Св. 72 до 81	До 81	Св. 81 до 89	Св. 89 до 110
D	$j_{n \min}$	22	33	39	33	39	46	39	54	63	46	72	81	63	89	110
C		36	52	62	52	62	74	62	87	100	74	115	130	100	140	175
B		58	84	100	84	100	120	100	140	160	120	185	210	160	230	280
A		90	130	160	130	160	190	160	220	250	190	200	320	250	360	440
D	$6E_s$ , мкм	11	16	19	16	19	22	19	26	32	22	36	40	32	45	56
C		18	26	30	26	30	32	30	45	50	32	56	63	50	71	85
B		30	42	50	42	50	60	50	71	80	60	90	100	80	110	140
A		45	63	80	63	80	95	80	110	125	95	140	160	125	180	220
1. Для ортогональных передач $j_{n \min}$ определяют непосредственно из таблицы по значениям R.																
2. В таблице приведены значения $E_\Sigma$ для ортогональных передач.																
3. Для зубчатых конических колес с номинальным углом профиля $\alpha$ , не равным $20^\circ$ , величина предельного отклонения межосевого угла $E_\Sigma$ определяется умножением табличных значений на отношение $\sin 20^\circ / \sin \alpha$																

Кроме назначения вида сопряжения, следует выбрать допуск на боковой зазор из предусмотренных стандартами восьми видов допуска, обозначаемых в порядке возрастания зазора буквами h, d, c, b, a, z, y, x.

Для конических передач при модуле, начиная с 1 мм, предусмотрено пять видов допуска: h, d, c, b, a.

При отсутствии специальных требований к передачам при видах сопряжения H и E следует выбирать вид допуска на боковой зазор по h, а при видах сопряжений D, C, B, A - виды допуска соответственно d, c, b, a. Соответствие между видом сопряжения элементов передачи и видом допуска на боковой зазор допускается изменять. При этом также можно использовать виды допуска на боковой зазор x, y, z.

Структура обозначения точности зубчатой передачи должна иметь следующий вид:

**1-2-3-4 5 6**,

где 1, 2, 3 - нормы соответственно кинематической точности, плавности работы и пятна контакта;

4 - вид сопряжения зубьев;

5 - вид допуска на боковой зазор;

6 - стандарт, регламентирующий точность зубчатой или червячной передачи.

Для передач с одинаковой степенью точности по всем трем нормам и при соответствии вида сопряжения и допуска на боковой зазор в обозначении указывают одну цифру (степень точности) и одну букву (вид сопряжения).

При комбинировании норм разных степеней точности и изменении соответствия между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор точности зубчатых колес передач следует обозначать последовательным написанием трех цифр и двух букв.

Параметры шероховатости рабочих поверхностей зубьев колес и червяка приведены в таблицах 13.46 и 13.47.

Нормы точности приведены в табл. 13.52-13.57.

Таблица 13.52. Поля допусков диаметра вершин зубьев  $d_a$  и ширины зубчатого венца  $b$  цилиндрических колес

Степень точности	b	$d_a$ колес	
		с внешними зубьями	с внутренними зубьями
6	h11	h9	H9
7	h12	h10	H10
8	h13	h11	H11
9	h14	h12	H12

Таблица 13.53. Допуски (мкм), на торцовое биение зубчатого венца цилиндрических колес при  $d = 100$  мм с модулем  $m / 1$  мм

Степень Точности	Ширина зубчатого венца колеса, мм			
	До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250
6	20	10	6,4	5
7	24	12	8	6
8	40	20	12,8	10
9	64	32	20	16

Допуски на торцовое биение следует определять умножением значения, взятого из таблицы, на величину  $100/d$ , где  $d$  – делительный диаметр, мм

Таблица 13.54. Допуски на радиальное биение зубчатого венца цилиндрических колес, мкм

Степень Точности	Модуль $m$ , мм	Диаметр делительной окружности, мм				
		До 50	Св. 50 до 125	Св. 125 до 280	Св. 280 до 560	Св. 560
6	от 1 до 2	21	26	34	42	48
	Св. 2 до 3,55	22	28	36	45	50
	Св. 3,55 до 6	24	30	38	48	53
7	от 1 до 2	30	38	48	63	67
	Св. 2 до 3,55	32	40	50	63	70
	Св. 3,55 до 6	34	42	53	67	75
8	от 1 до 2	38	48	60	75	85
	Св. 2 до 3,55	40	50	63	80	90
	Св. 3,55 до 6	42	53	67	85	100
9	от 1 до 2	48	60	75	95	110
	Св. 2 до 3,55	50	63	80	100	110
	Св. 3,55 до 6	53	67	85	105	120

Таблица 13.55. Допуски на радиальное биение зубчатого венца конических колес, мкм

Степень точности	Средний нормальный модуль $m_n$ , мм	Средний делительный диаметр $d$ , мм		
		До 125	Св. 125 до 400	Св. 400 до 800
6	От 1 до 3,5	25	36	45
	Св. 3,5 до 6,3	28	40	50
7	От 1 до 3,5	36	53	63
	Св. 3,5 до 6,3	40	56	71

8	От 1 до 3,5	45	63	80
	Св. 3,5 до 6,3	50	71	90
9	От 1 до 3,5	56	80	100
	Св. 3,5 до 6,3	63	90	112

Таблица 13.56. Допуски на радиальное биение зубчатого венца колеса червячной цилиндрической передачи, мкм

Степень точности	Модуль $m$ , мм	Делительный диаметр $d_2$ , мм		
		До 125	Св. 125 до 400	Св. 400 до 800
6	От 1 до 3,5	25	36	45
	Св. 3,5 до 6,3	28	40	50
7	От 1 до 3,5	36	53	63
	Св. 3,5 до 6,3	40	56	71
8	От 1 до 3,5	45	63	80
	Св. 3,5 до 6,3	50	71	90
9	От 1 до 3,5	56	80	100
	Св. 3,5 до 6,3	63	90	112

Таблица 13.57. Допуск на радиальное биение червяка червячной цилиндрической передачи с модулем 1-20 мм

Степень точности	Диаметр делительной окружности червяка, мм						
	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
6	11	11,5	12	13	14	16	18
7	15	16	17	18	20	22	25
8	20	20	21	22	25	28	32
9	25	25	26	28	32	36	40

#### ПРИМЕРЫ:

1. Степень точности передачи по всем трем нормам - 6-я; вид сопряжения элементов передачи С при соответствии между видом сопряжения и допуском на боковой зазор.

1.1 Цилиндрическая зубчатая: 6-С ГОСТ 1643-81.

1.2 Коническая зубчатая: 6-С ГОСТ 1758-81.

1.3 Червячная цилиндрическая: 6-С ГОСТ 3675-81.

2. Степень по нормам кинематической точности - 8-я; степень по нормам плавности - 7-я; степень по нормам контакта - 6-я; вид сопряжения - В; вид допуска на боковой зазор - а.

2.1 Цилиндрическая зубчатая: 8-7-6-В а ГОСТ 1643-81.

2.2 Коническая зубчатая: 8-7-6 В а ГОСТ 1758-81.

2.3 Червячная цилиндрическая: 8-7-6 В а ГОСТ 3675-81.

#### 13.1.8.6 Соединения "вал - ступица"

Для передачи вращающего момента чаще всего используют шпоночные соединения с применением призматических (или сегментных) шпонок. При этом рекомендуются следующие посадки соединений с гарантированным натягом:

- для колёс цилиндрических прямозубых – Н7/p6 (Н7/r6);
- для колёс цилиндрических косозубых и шевронных – Н7/r6 (Н7/s6);
- для колёс конических прямозубых – Н7/s6 (Н7/t6).

При этом посадки с большим натягом (указанные в скобках) следует назначать для реверсивных передач.

Для удобства сборки по выбранной посадке с натягом зубчатого колеса на вал с установленной шпонкой рекомендуется предусматривать направляющий цилиндрический участок вала с допуском по  $d11$  (рис. 13.27).



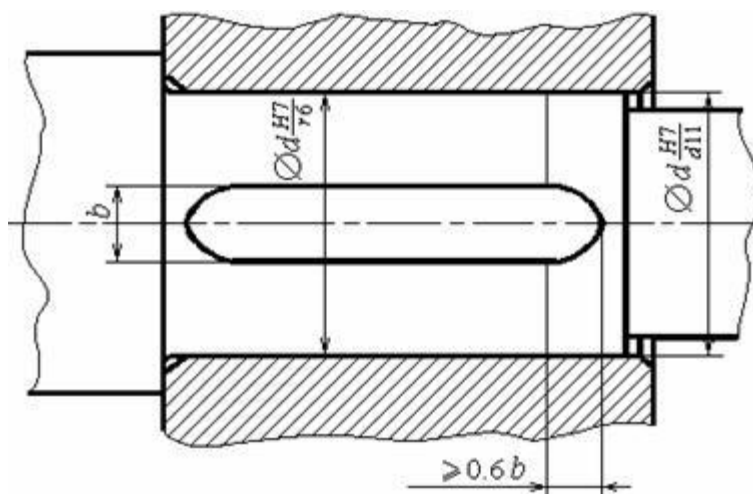


Рис. 13.27

Посадки призматических шпонок регламентированы ГОСТ 23360-78: для ширины паза на валу по P9/h9; для ширины паза в ступице при неподвижном соединении нереверсивной передачи – по Js9/h9 и при неподвижном соединении реверсивной передачи – по P9/h9 .

Если по результатам расчёта на прочность шпоночного соединения требуется слишком длинная шпонка (свыше полутора диаметров посадочного участка вала), целесообразно применить шлицевое соединение. Наиболее распространены соединения прямобочными шлицами с центрированием по наружному диаметру  $D$ . Для неподвижных соединений регламентированы следующие посадки элементов шлицевых соединений:

- для центрирующей поверхности –  $D$  H7/j<sub>6</sub>;
- для рабочих боковых поверхностей –  $b$  D9/e8 .

#### 13.1.8.7. Посадки полумуфт на валах

Полумуфты устанавливают на цилиндрические (по ГОСТу 12080-72) или конусные (по ГОСТу 12081-72) концы валов.

При постоянном направлении вращения и умеренно нагруженных валах, когда рабочие напряжения кручения в сечении вала не превышают 15 МПа, полумуфты устанавливают на гладкие цилиндрические концы валов по переходным посадкам типа H7/k6 или H7/m6.

При реверсивной работе, а также при существенно нагруженных валах ( $\tau > 15$  МПа) применяют посадку H7/n6.

При больших нагрузках, работе со значительными толчками и ударами, а также при реверсивной работе предпочтительно полумуфты устанавливать на конусные концы валов. Посадку полумуфты на конусный конец вала производят с обязательным приложением осевой силы (с помощью болта через торцовую шайбу или с помощью круглой шлицевой гайки). Затяжкой полумуфты на конусные концы валов можно создать значительный натяг в соединении и обеспечить точное радиальное и угловое положение полумуфты относительно вала.

Установку полумуфт на цилиндрические шлицевые концы валов применяют, если при прочностном расчёте шпоночного соединения длина посадочного отверстия (длина ступицы) получается свыше полутора диаметров вала. Посадку полумуфты по наружному центрирующему диаметру шлицев тогда принимают типа H7/j<sub>6</sub>.

#### 13.1.8.8. Посадки шкивов ремённой передачи

Для передачи вращающего момента от приводного электродвигателя на входной (быстроходный) вал редуктора зачастую применяют ремённую передачу.

Для удобства надевания и замены ремней при сборке и эксплуатации ремённой передачи шкивы обычно устанавливают консольно на конусные концы валов. В случае установки шкива на цилиндрический конец вала применяют посадку H7/k6.

### 13.2. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки

На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, согласно ГОСТ 2.310-68, следует наносить полученные в результате обработки *показатели свойств материала, например: твердость (HB, HRC, HV и т.п.), глубину термообработки h и др.*

*Глубину термообработки и твердость указывают предельными значениями, например: "Цементировать: h 0,7-0,9 мм"; "HRC 40-46".*

Если все изделие подвергается одному виду обработки, то в технических условиях достаточно записать: *"Цементировать: h 0,7-0,9 мм, HRC 55-60"* и т.п.

Если обработке подвергают отдельные участки изделия, показатели свойств материала и (при необходимости) способ получения этих свойств следует указывать на полках линий-выносок. При этом участки изделия, подвергаемые обработке, должны быть отмечены *утолщенной штрихпунктирной* линией, проводимой на расстоянии 0,8-1 мм от них, с указанием размеров, определяющих поверхности.

### **13.3. Указание технических требований и технической характеристики**

*Технические требования и техническую характеристику* (с заголовками) помещают на свободном поле чертежа над основной надписью в виде текстовой части. В случае недостатка места их продолжают слева от основной надписи. Текст записывают сверху вниз.

Пункты технических требований и технической характеристики должны иметь самостоятельную нумерацию. Каждый пункт записывают с новой строки, причем строки должны быть длиной не более 185 мм. При выполнении чертежа на двух и более листах технические требования и техническую характеристику помещают только на первом листе.

*Технические требования на чертеже детали* следует приводить в соответствии с ГОСТ 2.316-68.

Заголовок *«Технические требования»* не пишут в том случае, если на чертеже помещены только технические требования.

*Технические требования излагают в следующем порядке:*

1. Требования к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали; указания материалов-заменителей.

2. Размеры (размеры для справок, формовочные и штамповые уклоны, радиусы, размеры фасок и т.п.).

3. Предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей (не указанные на чертеже).

4. Допуски формы и расположения, на которые в ГОСТ 2.308-79 нет условных графических знаков.

5. Требования к качеству поверхностей (отделке, покрытию).

6. Указания о маркировании и клеймении.

7. Особые условия эксплуатации.

8. Ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенное на чертеже.

Указанная последовательность является рекомендуемой и при необходимости может быть изменена.

*Технические требования для чертежей сборочных единиц* должны включать:

1. Требования, определяющие качество и точность изготовления.

2. Требования к точности монтажа (допускаемые радиальные, угловые и осевые смещения валов, зазоры и т.п.).

3. Правила транспортирования и хранения.

4. Требования по эксплуатации.

*Техническую характеристику* следует помещать отдельно от технических требований под заголовком «Техническая характеристика». При этом над техническими требованиями поместить заголовок «Технические требования».

Оба заголовка не подчеркивают.