

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ

**Выбор, обоснование и
обозначение в чертежах
допускаемых отклонений
геометрических параметров
поверхностей деталей при
проектировании изделий**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
К КУРСОВОМУ И ДИПЛОМНОМУ
ПРОЕКТИРОВАНИЮ**
**(для студентов всех специальностей на-
правления «Инженерная механика»)**

Утверждено
на заседании кафедры ОКММ
Протокол № 7
от « 7 » марта 2000 г.

КРАМАТОРСК ДГМА 2001

Выбор и обоснование допускаемых отклонений геометрических параметров поверхностей деталей при проектировании изделий. Методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию (для студентов всех специальностей направления «Инженерная механика»). /Сост. Мартынов А. П. — Краматорск: ДГМА, 2001. — 133 с.

Приведены рекомендации и таблицы для расчета посадок, выбора предельных отклонений, допусков размеров, формы и расположения, других параметров точности, необходимых при разработке чертежей, технологических процессов изготовления и контроля в ходе курсового и дипломного проектирования.

Изложены методические основы назначения точностных параметров и их обозначения в чертежах, приведены примеры.

Составитель

Анатолий Павлович Мартынов, доц.

Ответственный за выпуск

Сергей Григорьевич Карнаух, зав. каф.

Редактор

Нелли Александровна Хахина

143/2001. Подп. в печать
Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,25.
Тираж 300 экз.

Формат 60×84 1/16
Уч.-изд. л. 6,0

В рыночных условиях основной задачей конструкторов и технологов является разработка и изготовление принципиально новых изделий высокого качества, которые обеспечили бы их конкурентоспособность и получение прибыли.

К сожалению, планово-распределительная система в бывшем СССР в полной мере не стимулировала работников к достижению высокого качества, поскольку в достаточной мере не была направлена на запросы потребителей и отсутствовала конкуренция.

Зачастую это проявлялось в некоторой небрежности при размерной отработке чертежей изделий в части обоснованного назначения технических требований к изготовлению деталей и сборке узлов и соединений.

Между тем, именно разработка чертежной и технологической документации, связанная с выбором необходимой точности поверхностей и шероховатости, обоснованием посадок, с учетом технологических особенностей обработки, выбором контрольно-измерительных средств, расчетом размерных цепей и особенно с обоснованным нормированием отклонений формы и расположения в первую очередь формирует качественные показатели машиностроительных изделий.

Справочные материалы и рекомендации, помещенные в различных стандартах, руководящих материалах, справочниках, разрозненны и не охватывают всех наиболее часто встречающихся случаев назначения точности при проектировании изделий. Наиболее полным изданием является справочник *Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. / В. Д. Мяков и др. — Л.: Машиностроение, 1982-1983 г.*, который в последнее время становится едва ли не библиографической редкостью. К тому же со времени его издания пересмотрены или отменены некоторые стандарты, потеряли смысл стандарты СЭВ и появились государственные стандарты Украины.

Но самое главное – при переходе к рыночной экономике у конструкторов и технологов должно резко измениться отношение к назначению пределов точности как одного из важнейших параметров качества машиностроительной продукции, все более становящегося определяющим фактором конкурентоспособности товаров.

Целью издания настоящего методического пособия, в котором использованы межгосударственные стандарты, стандарты Украины, отраслевые стандарты и некоторые другие нормативные документы, является создание сборника справочных материалов по назначению различных точностных параметров при разработке чертежей и технологических процессов изготовления, что, с учетом приведенных методических посылок и примеров поможет студенту при курсовом и дипломном проектировании быстро и правильно принимать технические решения, овладевая навыками создания конкурентоспособных машин.

1 ТОЧНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ И СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ КАЧЕСТВА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Геометрические параметры деталей изделий задаются размерами элементов, а также формой и расположением их поверхностей. При изготовлении возникают отклонения геометрических параметров реальных деталей от номинальных (идеальных) значений.

Причинами появления отклонений поверхностей от номинальных при изготовлении являются погрешности технологической системы СПИД (станок — приспособление — инструмент — деталь). Различают следующие виды отклонений поверхностей:

- отклонения размеров поверхностей;
- отклонения формы поверхностей (отклонения от круглости, от плоскостности и т. д.);
- отклонения расположения поверхностей и осей (отклонения от параллельности, от соосности, от симметричности и т. д.);
- суммарные отклонения формы и расположения (радиальное и торцевое биение, отклонение от перпендикулярности и плоскостности и т. д.);
- волнистость поверхностей;
- шероховатость поверхностей.

При изготовлении деталей эти отклонения из-за случайного характера погрешностей системы СПИД различны, случайны — специалисты по точности и управлению качеством называют это *вариабельностью* отклонений или показателей качества.

Поэтому конструктор должен исходить из того, что погрешности параметров не только неизбежны, но и допустимы в определенных пределах, при которых деталь еще удовлетворяет требованиям правильной сборки и функционирования машины. При проектировании решаются две неразрывные задачи: *установить номинальные значения параметров детали и нормировать точность достижения этих параметров* путем назначения пределов, ограничивающих их погрешности. Сложность последней задачи состоит в том, что ее решение требует от конструктора всестороннего учета как условий функционирования и эксплуатации изделия, так и условий его изготовления и сборки. Условия эти противоречивые: для правильного функционирования может требоваться сужение пределов допускаемых погрешностей, а для экономичного изготовления — расширение.

Командно-административная система управления экономикой, бытовавшая в СССР, не могла в принципе обеспечивать высокое качество изделий, поскольку главным было выполнение плана, а продукция распределялась между предприятиями — потребителями.

За долгие годы принудительного управления качеством на основе обязательных стандартов, несоблюдение которых могло повлечь юридическую ответственность и даже тюремное заключение, в Советском Союзе сложилась практика «тройного стандарта» при назначении точности деталей, узлов и соединений (сейчас это относят к одному из этапов управления качеством): «Думаем одно, пишем второе, делаем третье».

Конструктор, задавая требования, думает: «Если я запишу такие-то требования, то «они» (технологи, производственники) сделают в три раза хуже», — поэтому он записывает требования в три раза более жесткие.

Производственник не верит этим требованиям: «Если конструктор записывает такие требования, значит ему нужно в пять раз меньше», — и делает в пять раз хуже.

В итоге, в течение нескольких лет освоения продукции идет переработка (отражающаяся только в умах отдельных людей) записанных требований в неписаные, которые в итоге принимают технологи, производственники и работники ОТК, и которые как бы не существуют для конструкторов.

Эта нездоровая практика унаследована и украинской промышленностью, даже после того, как большинство требований стандартов стали рекомендуемыми, то есть необязательными.

Порочность такой практики очевидна — она нарушает основной принцип управления качеством, создает атмосферу лжи, неуважения к документации и друг к другу, делает процессы освоения новых изделий бесконечно долгими, разрывает преемственность методов управления, так как неписанные требования и правила существуют только в умах людей, и при их заменах, при смене поколений эти требования и правила теряются. Эта ситуация в символическом виде изображена на рис. 1.



Рисунок 1 — «Тройной стандарт» управления качеством

Специальной задачей руководства является последовательное устранение из практики работы «тройного стандарта» управления качеством и переход к «единому стандарту»: «Пишем то, что думаем; выполняем то, что записано».

Другими словами: в документацию заносятся именно те требования, которые определены при разработке конструкции, процесса.

В то же время зачастую конструкторы при проектировании изделий, особенно продукции единичного и мелкосерийного производства, недостаточно четко и обоснованно устанавливали технические требования к точности геометрических параметров (во многих случаях эти требования записывались в неявной форме, без указания числовых величин). При изготовлении крупных изделий машиностроения, как показали исследования [36, 37], это приводило к появлению значительных объемов нетехнологических пригоночных операций на конечной стадии изготовления — сборке, что резко снижало качество изделий, нарушало принцип взаимозаменяемости.

Поэтому в настоящее время, в условиях перехода к рыночной экономике, где основным фактором роста потребительной стоимости является постоянное повышение качества продукции, первостепенное внимание следует уделять вопросам правильного назначения точности геометрических параметров поверхностей деталей изделий, обеспечивающих высокое качество и конкурентоспособность продукции. Некоторые примеры из опыта работы ЗАО «НКМЗ» в этом направлении приведены в [40].

Современная концепция качества существенным образом опирается на глубокую идею о минимизации вариабельности как об эффективном средстве достижения конкурентоспособности, качества продукции при одновременном снижении их себестоимости. Эта концепция прослеживается от пионерских работ У. Шухарта, начатых в середине 20-х годов, через идеи Э. Деминга, с именем которого прочно ассоциируется послевоенное «японское экономическое чудо», и методы Г. Тагути, приводящие к пересмотру принципов инженерных разработок, теории допусков и экономики систем качества.

Об этой концепции, единственным образом позволяющей обеспечить конкурентоспособность изделия и прибыль, должны помнить конструкторы и технологи (а именно в этих ролях выступают студенты в процессе курсового и дипломного проектирования), назначая и анализируя по существу технические условия на изготовление изделия в виде выбираемых из таблиц стандартов и рекомендаций допусков, посадок, отклонений.

2 ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ (ЕСДП)

Таблицы допусков и посадок (ГОСТ 25346-82 и ГОСТ 25348-82) содержат значения допусков по квалитетам (табл.1), а также предельные отклонения отдельно для полей допусков в системе отверстия и в системе вала.

Таблица 1 — Допуски для размеров до 10000 мм (по ГОСТ 25346-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Обозначения допусков									
	IT0 1	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
	Допуски, мкм									
До 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14
Св. 3 до 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18
Св. 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22
До 10	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27
Св. 10	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33
До 18	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39
Св. 18	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46
До 30	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54
Св. 30	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63
До 50	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72
Св. 50	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
До 80	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
Св. 80	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
до 120	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110
Св. 120	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
до 180	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140
Св. 180	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
до 250	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
Св. 250	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
до 315										
Св. 315										
до 400										
Св. 400										
до 500										
Св. 500										
до 630										
Св. 630										
до 800										
Св. 800										
до 1000										
Св. 1000										
до 1250										
Св. 1250										
до 1600										
Св. 1600										
до 2000										

Продолжение таблицы 1

Номи- нальные разме- ры, мм	Квалитеты									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Обозначения допусков									
	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Допуски, мкм									
Св. 2000 до 2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
Св. 2500 до 3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
Св. 3150 до 4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
Св. 4000 до 5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
Св. 5000 до 6300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
Св. 6300 до 8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
Св. 8000 до 10000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940
	Допуски, мкм			Допуски, мм						
До 3	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1.0	1.4
Св. 3 до 6	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
Св. 6	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
До 10	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
Св. 10	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
До 18	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.0	1.6	2.5	3.9
Св. 18	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3.0	4.6
До 30	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
Св. 30	100	160	250	0.4	0.63	1.0	1.6	2.5	4.0	6.3
До 50	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
Св. 50	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
До 80	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
Св. 80	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4.0	6.3	9.7
до 120	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0
Св. 120	200	320	500	0.8	1.25	2.0	3.2	5.0	8.0	12.5
До 180										
Св. 180										
до 250										
Св. 250										
до 315										
Св. 315										
до 400										
Св. 400										
до 500										
Св. 500										
до 630										
Св. 630										
до 800										

Продолжение таблицы 1

Номи- нальные разме- ры, мм	Квалитеты									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Обозначения допусков									
	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Допуски, мкм			Допуски, мм						
Св. 800 до 1000	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9.0	14.0
Св. 1000 до 1250	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
Св. 1250 до 1600	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5.0	7.8	12.5	19.5
Св. 1600 до 2000	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6.0	9.2	15.0	23.0
Св. 2000 до 2500	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0	17.5	28.0
Св. 2500 до 3150	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21.0	33.0
Св. 3150 до 4000	660	1050	1650	2.6	4.1	6.6	10.5	16.5	26.0	41.0
Св. 4000 до 5000	800	1300	2000	3.2	5.0	8.0	13.0	20.0	32.0	50.0
Св. 5000 до 6300	980	1550	2500	4.0	6.2	9.8	15.5	25.0	40.0	62.0
Св. 6300 до 8000	1200	1950	3100	4.9	7.6	12.0	19.5	31.0	49.0	76.0
Св. 8000 до 10000	1500	2400	3800	6.0	9.4	15.0	24.0	38.0	60.0	94.0

Поскольку система вала для образования посадок используется реже, в данном пособии приведены *предельные отклонения отверстий* только для полей допусков шпоночных пазов в соединениях с призматическими шпонками (см. раздел 9, табл. 28), посадки в которых регламентированы ГОСТ 26360-78 в системе вала.

Что же касается *полей допусков валов в системе отверстий*, то в пособии приведены предельные отклонения для наиболее употребляемых в чертежах квалитетов 6-9 (табл.2-4).

Таблица 2 — Система отверстия. Посадки с зазором. Предельные отклонения валов (ГОСТ 25346-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитет						
	6						
	Поля допусков валов						
	(d6)	(e6)	(ef6)	(f6)	(fg6)	(g6)	(h6)
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм						
До 1	-20 -26	-14 -20	-10 -16	-6 -12	-4 -10	-2 -8	0 -6
От 1 до 3	-20 -26	-14 -20	-10 -16	-6 -12	-4 -10	-2 -8	0 -6
Св. 3 до 6	-30 -38	-20 -28	-14 -22	-10 -18	-6 -14	-4 -12	0 -8
Св. 6 до 10	-40 -49	-25 -34	-18 -27	-13 -22	-8 -17	-5 -14	0 -9
Св. 10 до 18	-50 -61	-32 -43	—	-16 -27	—	-6 -17	0 -11
Св. 18 до 30	-65 -78	-40 -53	—	-20 -33	—	-7 -20	0 -13
Св. 30 до 50	-80 -96	-50 -66	—	-25 -41	—	-9 -25	0 -16
Св. 50 до 80	-100 -119	-60 -79	—	-30 -49	—	-10 -29	0 -19
Св. 80 до 120	-120 -142	-72 -94	—	-36 -58	—	-12 -34	0 -22
Св. 120 до 180	-145 -170	-85 -110	—	-43 -68	—	-14 -39	0 -25
Св. 180 до 250	-170 -199	-100 -129	—	-50 -79	—	-15 -44	0 -29
Св. 250 до 315	-190 -222	-110 -142	—	-56 -88	—	-17 -49	0 -32
Св. 315 до 400	-210 -246	-125 -161	—	-62 -98	—	-18 -54	0 -36
Св. 400 до 500	-230 -270	-135 -175	—	-68 -108	—	-20 -60	0 -40

Продолжение таблицы 2

Номинальные размеры, мм	Квалитет							
	7							
	Поля допусков валов							
	cd7	(d7)	e7	(ef7)	f7	fg7	(g7)	h7
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм							
До 1	-34 -44	-20 -30	-14 -24	-10 -20	-6 -16	-4 -14	—	0 -10
От 1 до 3	—	-20 -30	-14 -24	-10 -20	-6 -16	—	-2 -12	0 -10
Св. 3 до 6	—	-30 -42	-20 -32	-14 -26	-10 -22	—	-4 -16	0 -12
Св. 6 до 10	—	-40 -55	-25 -40	-18 -33	-13 -28	—	-5 -20	0 -15
Св. 10 до 18	—	-50 -68	-32 -50	—	-16 -34	—	-6 -24	0 -18
Св. 18 до 30	—	-65 -86	-40 -61	—	-20 -41	—	-7 -28	0 -21
Св. 30 до 50	—	-80 -105	-50 -75	—	-25 -50	—	-9 -34	0 -25
Св. 50 до 80	—	-100 -130	-60 -90	—	-30 -60	—	-10 -40	0 -30
Св. 80 до 120	—	-120 -155	-72 -107	—	-36 -71	—	-12 -47	0 -35
Св. 120 до 180	—	-145 -185	-85 -125	—	-43 -83	—	-14 -54	0 -40
Св. 180 до 250	—	-170 -216	-100 -146	—	-50 -96	—	-15 -61	0 -46
Св. 250 до 315	—	-190 -242	-110 -162	—	-56 -108	—	-17 -69	0 -52
Св. 315 до 400	—	-210 -267	-125 -182	—	-62 -119	—	-18 -75	0 -57
Св. 400 до 500	—	-230 -293	-135 -198	—	-68 -131	—	-20 -83	0 -63

Продолжение таблицы 2

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	8							9		
	Поля допусков валов									
	c8	cd8	d8	e8	(ef8)	f8	h8	(a9)	(b9)	c9
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм									
До 1	—	-34 -48	-20 -34	-14 -28	-10 -24	-6 -20	0 -14	—	—	—
От 1 до 3	-60 -74	—	-20 -34	-14 -28	-10 -24	-6 -20	0 -14	-270 -295	-140 -165	-60 -85
Св. 3 до 6	-70 -88	—	-30 -48	-20 -38	-14 -32	-10 -28	0 -18	-270 -300	-140 -170	-70 -100
Св. 6 до 10	-80 -102	—	-40 -62	-25 -47	-18 -40	-13 -35	0 -22	-280 -316	-150 -186	-80 -116
Св. 10 до 18	-95 -122	—	-50 -77	-32 -59	—	-16 -43	0 -27	-290 -333	-150 -193	-95 -138
Св. 18 до 30	-110 -143	—	-65 -98	-40 -73	—	-20 -53	0 -33	-300 -352	-160 -212	-110 -162
Св. 30 до 40	-120 -159	—	-80 -119	-50 -89	—	-25 -64	0 -39	-310 -372	-170 -232	-120 -182
Св. 40 до 50	-130 -169	—	-80 -119	-50 -89	—	-25 -64	0 -39	-320 -382	-180 -242	-130 -192
Св. 50 до 65	-140 -186	—	-100 -146	-60 -106	—	-30 -76	0 -46	-340 -414	-190 -264	-140 -214
Св. 65 до 80	-150 -196	—	-100 -146	-60 -106	—	-30 -76	0 -46	-360 -434	-200 -274	-150 -224
Св. 80 до 100	-170 -224	—	-120 -174	-72 -126	—	-36 -90	0 -54	-380 -467	-220 -307	-170 -257
Св. 100 до 120	-180 -234	—	-120 -174	-72 -126	—	-36 -90	0 -54	-410 -497	-240 -327	-180 -267

Продолжение таблицы 2

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	8							9		
	Поля допусков валов									
	c8	cd8	d8	e8	(ef8)	f8	h8	(a9)	(b9)	c9
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм									
Св. 120 до 140	-200 -263	—	-145 -208	-85 -148	—	-43 -106	0 -63	-460 -560	-260 -360	-200 -300
Св. 140 до 160	-210 -273	—	-145 -208	-85 -148	—	-43 -106	0 -63	-520 -620	-280 -380	-210 -310
Св. 160 до 180	-230 -293	—	-145 -208	-85 -148	—	-43 -106	0 -63	-580 -680	-310 -410	-230 -330
Св. 180 до 200	-240 -312	—	-170 -242	-100 -172	—	-50 -122	0 -72	-660 -775	-340 -455	-240 -355
Св. 200 до 225	-260 -332	—	-170 -242	-100 -172	—	-50 -122	0 -72	-740 -855	-380 -495	-260 -375
Св. 225 до 250	-280 -352	—	-170 -242	-100 -172	—	-50 -122	0 -72	-820 -935	-420 -535	-280 -395
Св. 250 до 280	-300 -381	—	-190 -271	-110 -191	—	-56 -137	0 -81	-920 -1050	-480 -610	-300 -430
Св. 280 до 315	-330 -411	—	-190 -271	-110 -191	—	-56 -137	0 -81	-1050 -1180	-540 -670	-330 -460
Св. 315 до 355	-360 -449	—	-210 -299	-125 -214	—	-62 -151	0 -89	-1200 -1340	-600 -740	-360 -500
Св. 355 до 400	-400 -489	—	-210 -299	-125 -214	—	-62 -151	0 -89	-1350 -1490	-680 -820	-400 -540
Св. 400 до 450	-440 -537	—	-230 -327	-135 -232	—	-68 -165	0 -97	-1500 -1655	-760 -915	-440 -595
Св. 450 до 500	-480 -577	—	-230 -327	-135 -232	—	-68 -165	0 -97	-1650 -1805	-840 -995	-480 -635

Продолжение таблицы 2

Номинальные размеры, мм	Квалитеты					
	9					
	Поля допусков валов					
	(cd9)	d9	e9	ef9	f9	h9
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм					
До 1	-34 -59	-20 -45	-14 -39	10 35	—	0 -25
От 1 до 3	-34 -59	-20 -45	-14 -39	—	-6 -31	0 -25
Св. 3 до 6	-46 -76	-30 -60	-20 -50	—	-10 -40	0 -30
Св. 6 до 10	-56 -92	-40 -76	-25 -61	—	-13 -49	0 -36
Св. 10 до 18	—	-50 -93	-32 -75	—	-16 -59	0 -43
Св. 18 до 30		-65 -117	-40 -92	—	-20 -72	0 -52
Св. 30 до 50	—	-80 -142	-50 -112	—	-25 -87	0 -62
Св. 50 до 80	—	-100 -174	-60 -134	—	-30 -104	0 -74
Св. 80 до 120	—	-120 -207	-72 -159	—	-36 -123	0 -87
Св. 120 до 180	—	-145 -245	-85 -185	—	-43 -143	0 -100
Св. 180 до 250		-170 -285	-100 -215	—	-50 -165	0 -115
Св. 250 до 315	—	-190 -320	-110 -240	—	-56 -186	0 -130
Св. 315 до 400	—	-210 -350	-125 -265	—	-62 -202	0 -140
Св. 400 до 500	—	-230 -285	-135 -290	—	-68 -223	0 -155

Таблица 3 — Система отверстия. Посадки переходные. Предельные отклонения валов (ГОСТ 25346-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	6					7					8	
	Поля допусков валов											
	i _s 6	(j)6	k6	m6	n6	i _s 7	(j)7	k7	m7	n7	i _s 8	k8
	Предельные отклонения ^{es} _{ei} , мкм											
До 1	+3 -3	—	+6 0	—	+10 +4	+5 -5	—	+10 0	—	—	+7 -7	+14 0
От 1 до 3	+3 -3	+4 -2	+6 0	+8 +2	+10 +4	+5 -5	+6 -4	+10 0	—	+14 +4	—	—
Св. 3 до 6	+4 -4	+6 -2	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+6 -6	+8 -4	+13 +1	+16 +4	+20 +8	—	—
Св. 6 до 10	+4,5 -4,5	+7 -2	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+7 -7	+10 -5	+16 +1	+21 +6	+25 +10	—	—
Св. 10 до 18	+5,5 -5,5	+8 -3	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+9 -9	+12 -6	+19 +1	+25 +7	+30 +12	—	—
Св. 18 до 30	+6,5 -6,5	+9 -4	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+10 -10	+13 -8	+23 +2	+29 +8	+36 +15	—	—
Св. 30 до 50	+8 -8	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+12 -12	+15 -10	+27 +2	+34 +9	+42 +17	—	—
Св. 50 до 80	+9,5 -9,5	+12 -7	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+15 -15	+18 -12	+32 +2	+41 +11	+50 +20	—	—
Св. 80 до 120	+11 -11	+13 -9	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+17 -17	+20 -15	+38 +3	+48 +13	+58 +23	—	—
Св. 120 до 180	+12,5 -12,5	+14 -11	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+20 -20	+22 -18	+43 +3	+55 +15	+67 +27	—	—
Св. 180 до 250	+14,5 -14,5	+16 -13	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+23 -23	+25 -21	+50 +4	+63 +17	+77 +31	—	—
Св. 250 до 315	+16 -16	+16 -16	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+26 -26	+26 -26	+56 +4	+72 +20	+86 +34	—	—
Св. 315 до 400	+18 -18	+18 -18	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+28 -28	+29 -28	+61 +4	+78 +21	+94 +37	—	—
Св. 400 до 500	+20 -20	+20 -20	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+31 -31	+31 -32	+68 +5	+86 +23	+103 +40	—	—

Таблица 4 — Система отверстия. Посадки с натягом. Предельные отклонения валов (ГОСТ 25346-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитет						
	6						
	Поля допусков валов						
	p6	r6	s6	t6	(u6)	(v6)	z6
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм						
До 1	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	—	32 26
От 1 до 3	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	—	—
Св. 3 до 6	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	—	—
Св. 6 до 10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	—	—
Св. 10 до 14	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	—	—
Св. 14 до 18	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	+50 +39	—
Св. 18 до 24	+35 +22	+41 +28	+48 +35	—	+54 +41	+60 +47	—
Св. 24 до 30	+35 +22	+41 +28	+48 +35	+54 +41	+61 +48	+68 +55	—
Св. 30 до 40	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	+76 +76	+84 +68	—
Св. 40 до 50	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+70 +54	+86 +70	+97 +81	—
Св. 50 до 65	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66	+106 +87	+121 +102	—
Св. 65 до 80	+51 +32	+62 +43	+78 +59	+94 +75	+121 +102	+139 +120	—
Св. 80 до 100	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91	+146 +124	+168 +146	—
Св. 100 до 120	+59 +37	+76 +54	+101 +79	+126 +104	+166 +144	+194 +172	—
Св. 120 до 140	+68 +43	+88 +63	+117 +92	+147 +122	+195 +170	+227 +202	—
Св. 140 до 160	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134	+215 +190	+253 +228	—
Св. 180 до 160	+68 +43	+93 +68	+133 +108	+171 +146	+235 +210	+277 +252	—
Св. 180 до 200	+79 +50	+106 +77	+151 +122	+195 +166	+265 +236	+313 +284	—
Св. 200 до 225	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180	+287 +258	+339 +310	—
Св. 225 до 250	+79 +50	+113 +84	+169 +140	+225 +196	+313 +284	+369 +340	—

Продолжение таблицы 4

Номинальные размеры, мм	Квалитет						
	6						
	Поля допусков валов						
	p6	r6	s6	t6	(u6)	(v6)	z6
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм						
Св. 250 до 280	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218	+347 +315	+417 +385	—
Св. 280 до 315	+88 +56	+130 +98	+202 +170	+272 +240	+382 +350	+457 +425	—
Св. 315 до 355	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268	+426 +390	+511 +475	—
Св. 355 до 400	+98 +62	+150 +114	+244 +208	+330 +294	+471 +435	+566 +530	—
Св. 400 до 450	+108 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330	+530 +490	+635 +595	—
Св. 450 до 500	+108 +68	+172 +132	+292 +252	+400 +360	+580 +540	+700 +660	—

Продолжение таблицы 4

Номинальные размеры, мм	Квалитет							
	7							
	Поля допусков валов							
	p7	r7	s7	t7	(u7)	(v7)	x7	z7
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм							
До 1	—	—	+24 +14	—	—	—	+30 +20	+36 +26
От 1 до 3	+16 +6	+20 +10	+24 +14	—	+28 +18	—	+30 +20	+36 +26
Св. 3 до 6	+24 +12	+27 +15	+31 +19	—	+35 +23	—	+40 +28	+47 +35
Св. 6 до 10	+30 +15	+34 +19	+38 +23	—	+43 +28	—	+49 +34	+57 +42
Св. 10 до 14	+36 +18	+41 +23	+46 +28	—	+51 +33	—	+58 +40	+68 +50
Св. 14 до 18	+36 +18	+41 +23	+46 +28	—	+51 +33	+57 +39	+63 +45	+78 +60
Св. 18 до 24	+43 +22	+49 +28	+56 +35	—	+62 +41	+68 +47	+75 +54	+94 +73
Св. 24 до 30	+43 +22	+49 +28	+56 +35	+62 +41	+69 +48	+76 +55	+85 +64	+109 +88
Св. 30 до 40	+51 +26	+59 +34	+68 +43	+73 +48	+85 +60	+93 +68	+105 +80	+137 +112
Св. 40 до 50	+51 +26	+29 +34	+68 +43	+79 +54	+95 +70	+106 +81	+122 +97	+161 +136
Св. 50 до 65	+62 +32	+71 +41	+83 +53	+96 +66	+117 +87	+132 +102	+152 +122	+202 +172
Св. 65 до 80	+62 +32	+73 +43	+89 +59	+105 +75	+132 +102	+150 +120	+176 +146	+240 +210
Св. 80 до 100	+72 +37	+86 +51	+106 +71	+126 +91	+159 +124	+181 +146	+213 +178	+293 +258
Св. 100 до 120	+72 +37	+89 +54	+114 +79	+139 +104	+179 +144	+207 +172	+245 +210	+345 +310
Св. 120 до 140	+83 +43	+103 +63	+132 +92	+162 +122	+210 +170	+242 +202	+288 +248	+405 +365
Св. 140 до 160	+83 +43	+105 +65	+140 +100	+174 +134	+230 +190	+268 +228	+320 +280	+455 +415
Св. 180 до 160	+83 +43	+108 +68	+148 +108	+186 +146	+250 +210	+292 +252	+350 +310	+505 +465
Св. 180 до 200	+96 +50	+123 +77	+168 +122	+212 +166	+282 +236	+330 +284	+396 +350	+566 +520
Св. 200 до 225	+96 +50	+126 +80	+176 +130	+226 +180	+304 +258	+356 +310	+431 +385	+621 +575
Св. 225 до 250	+96 +50	+130 +84	+186 +140	+242 +196	+330 +284	+386 +340	+471 +425	+686 +640

Продолжение таблицы 4

Номинальные размеры, мм	Квалитет							
	7							
	Поля допусков валов							
	p7	r7	s7	t7	(u7)	(v7)	x7	z7
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм							
Св. 250 до 280	+108 +56	+146 +94	+210 +158	+270 +218	+367 +315	+437 +385	+527 +475	+762 +710
Св. 280 до 315	+108 +56	+150 +98	+222 +170	+292 +240	+402 +350	+477 +425	+577 +525	+842 +790
Св. 315 до 355	+119 +62	+165 +108	+247 +190	+325 +268	+447 +390	+532 +475	+647 +590	+957 +900
Св. 355 до 400	+119 +62	+171 +114	+265 +208	+351 +294	+492 +435	+587 +530	+717 +660	+1057 +1000
Св. 400 до 450	+131 +68	+189 +126	+295 +232	+393 +330	+553 +490	+658 +595	+803 +740	+1163 +1100
Св. 450 до 500	+131 +68	+195 +132	+315 +252	+423 +360	+603 +540	+723 +660	+883 +820	+1313 +1250

Продолжение таблицы 4

Номинальные размеры, мм	Квалитет						
	8						
	Поля допусков валов						
	(s8)	u8	x8	z8	(za8)	(zb8)	zc8
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм						
До 1	—	—	34 20	40 26	—	—	—
От 1 до 3	28 14	32 18	34 20	40 26	46 32	54 40	74 60
Св. 3 до 6	37 19	41 23	46 28	53 35	60 42	68 50	98 80
Св. 6 до 10	45 23	50 28	56 34	64 42	74 52	89 67	119 97
Св. 10 до 14	55 28	60 33	67 40	77 50	91 64	117 90	157 130
Св. 14 до 18	55 28	60 33	72 45	87 60	104 77	135 108	177 150
Св. 18 до 24	68 35	74 41	87 54	106 73	—	—	—
Св. 24 до 30	68 35	81 48	97 64	121 88	—	—	—
Св. 30 до 40	82 43	99 60	119 80	151 112	—	—	—
Св. 40 до 50	82 43	109 70	136 97	175 136	—	—	—
Св. 50 до 65	99 53	133 87	168 122	218 172	—	—	—
Св. 65 до 80	105 59	148 102	192 146	256 210	—	—	—
Св. 80 до 100	125 71	178 124	232 178	312 258	—	—	—
Св. 100 до 120	133 79	198 144	264 210	364 310	—	—	—
Св. 120 до 140	155 92	233 170	311 248	428 365	—	—	—
Св. 140 до 160	103 100	253 190	343 280	478 415	—	—	—
Св. 180 до 160	171 108	273 210	373 310	528 465	—	—	—
Св. 180 до 200	194 122	308 236	422 350	592 520	—	—	—
Св. 200 до 225	202 130	330 258	457 385	647 575	—	—	—
Св. 225 до 250	212 140	356 284	497 425	712 640	—	—	—

Номинальные размеры, мм	Квалитет						
	6						
	Поля допусков валов						
	(s8)	u8	x8	z8	(za8)	(zb8)	zc8
	Предельные отклонения $\begin{smallmatrix} es \\ ei \end{smallmatrix}$, мкм						
Св. 250	239	396	556	791	—	—	—
до 280	158	315	475	710	—	—	—
Св. 280	251	431	606	871	—	—	—
до 315	170	350	525	790	—	—	—
Св. 315	279	479	679	989	—	—	—
до 355	190	390	590	900	—	—	—
Св. 355	297	524	749	1089	—	—	—
до 400	208	435	660	1000	—	—	—
Св. 400	329	587	837	1197	—	—	—
до 450	232	490	740	1100	—	—	—
Св. 450	349	637	917	1347	—	—	—
до 500	252	540	820	1250	—	—	—

Примечание. Поля допусков, выделенные скобками, применять не рекомендуется

Если предельные размеры детали заданы на чертеже условными обозначениями (т.е. полем допуска в буквенной форме), например размер вала $\varnothing 50c8$, то для определения предельных отклонений детали в численном выражении поступаем следующим образом.

Из таблицы предельных отклонений в системе отверстия (табл. 2) определяем отклонения в интервале размеров «св. 30 до 50 мм». (отклонения в таблице приведены в микрометрах):

$$ei = -169 \text{ мкм}, es = -130 \text{ мкм}.$$

Таким образом, указанный размер в соответствии со стандартом понимают как $\varnothing 50_{-0.169}^{-0.130}$.

Для удовлетворения требований в отношении отдельных размеров деталей и их посадок для каждого интервала номинальных размеров в соответствии с ГОСТ 25346-82 предусмотрены не только гаммы допусков, но и гаммы основных отклонений, характеризующих положение этих допусков относительно нулевой линии (рис. 2).

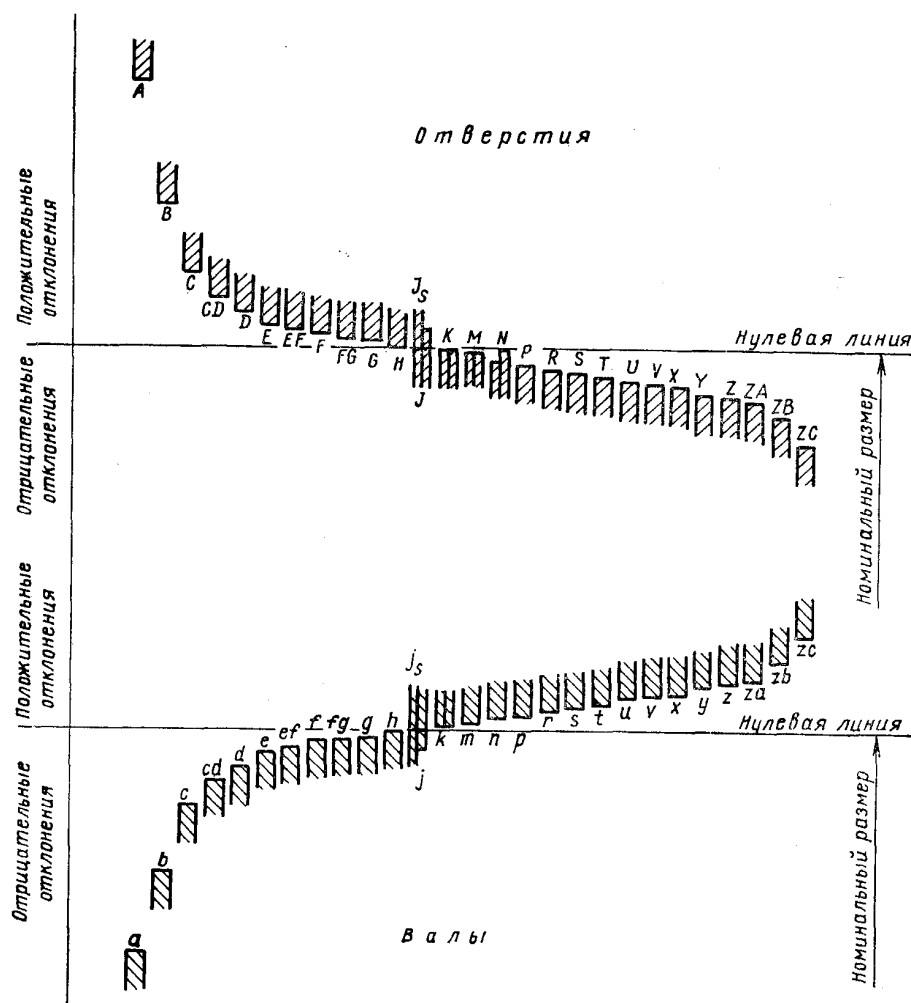


Рисунок 2 — Схемы расположения основных отклонений валов и отверстий (ГОСТ 25346-82)

Численные значения основных отклонений приведены в табл. 5-6 (в таблицах не приведены основные отклонения cd , ef , fg , CD , EF , FG , которые в ГОСТ 25346-82 регламентируются лишь для размеров до 10 мм).

- 22 -

Интервалы раз- меров, мм	Буквен- ное обо- значе- ние	Нижнее отклонение <i>EI</i>								J _s	Верхнее отклонение <i>ES</i>								
		A	B	C	D	E	F	G	H		J			K		M		N	
	Квали- тет	Все качества								6	7	8	До 8	Св. 8	До 8	Св. 8	До 8	Св. 8	
До 3		+270	+140	+60	+20	+14	+6	+2	0	Предельные отклонения ±IT/2	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4
Св. 3 до 6		+270	+140	+70	+30	+20	+10	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	—	-4+Δ	-4	-8+Δ	0
» 6 » 10		+280	+150	+80	+40	+25	+13	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	—	-6+Δ	-6	-10+Δ	0
» 10 » 14		+290	+150	+95	+50	+32	+16	+6	0		+6	+10	+15	-2+Δ	—	-7+Δ	-7	-12+Δ	0
» 14 » 18											+8	+12	+20	-2+Δ	—	-8+Δ	-8	-15+Δ	0
» 18 » 24		+300	+160	+110	+65	+40	+20	+7	0		+10	+14	+24	-2+Δ	—	-9+Δ	-9	-17+Δ	0
» 24 » 30											+13	+18	+28	-2+Δ	—	-11+Δ	-11	-20+Δ	0
» 30 » 40		+310	+170	+120	+80	+50	+25	+9	0		+16	+22	+34	-3+Δ	—	-13+Δ	-13	-23+Δ	0
» 40 » 50		+320	+180	+130							+10	+18	+28	-2+Δ	—	-11+Δ	-11	-20+Δ	0
» 50 » 65		+340	+190	+140	+100	+60	+30	+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ	—	-11+Δ	-11	-20+Δ	0
» 65 » 80		+360	+200	+150							+16	+22	+34	-3+Δ	—	-13+Δ	-13	-23+Δ	0
» 80 » 100		+380	+220	+170	+120	+72	+36	+12	0		+10	+14	+24	-2+Δ	—	-9+Δ	-9	-17+Δ	0
» 100 » 120		+410	+240	+180						+13	+18	+28	-2+Δ	—	-11+Δ	-11	-20+Δ	0	

Продолжение таблицы 5

Интервалы размеров, мм	Буквен- ное обо- значение	Верхнее отклонение <i>ES</i>																	
		от Р до ZC	Р	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Поправка Δ , мкм				
	Квалитет	до 7	Свыше 7												3	4	5	6	7
До 3	Отклонение, как для квалитетов св. 7, увеличенное на Δ	-6	-10	-14	–	-18	–	-20	–	-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0
Св. 3 до 6		-12	-15	-19	–	-23	–	-28	–	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6
» 6 » 10		-15	-19	-23	–	-28	–	-34	–	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7
» 10 » 14		-18	-23	-28	–	-33	-39	-40	–	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
» 14 » 18								-45	–	-60	-77	-108	-150						
» 18 » 24		-22	-28	-35	–	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	1 2
» 24 » 30					-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
» 30 » 40		-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	1 4
» 40 » 50					-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325						
» 50 » 65		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	1 1	1 5
» 65 » 80			-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480						
» 80 » 100		-37	51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	1 2	1 9
» 100 » 120			54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690						

Интервалы раз- меров, мм	Буквен- ное обо- значе- ние	Нижнее отклонение <i>EI</i>								J _s	Верхнее отклонение <i>ES</i>								
		A	B	C	D	E	F	G	H		J			K		M		N	
	Квали- тет	Все качества								6	7	8	До 8	Св. 8	До 8	Св. 8	До 8	Св. 8	
Св.120 до 140		+460	+260	+200	+145	+85	+43	+14	0	Предельные отклонения ±I T/2	+18	+26	+41	-3+Δ	–	-15+Δ	-15	-27+Δ	0
» 140 » 160		+520	+280	+210															
» 160 » 180		+580	+310	+230															
» 180 » 200		+660	+340	+240	+170	+100	+50	+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ	–	-17+Δ	-17	-31+Δ	0
» 200 » 225		+740	+380	+260															
» 225 » 250		+820	+420	+280															
» 250 » 280		+920	+480	+300	+190	+110	+56	+17	0		+25	+36	+55	-4+Δ	–	-20+Δ	-20	-34+Δ	0
» 280 » 315		+1050	+540	+330															
» 315 » 355		+1200	+600	+360	+210	+125	+62	+18	0										
» 355 » 400		+1350	+680	+400															
» 400 » 450		+1500	+760	+440	+230	+135	+68	+20	0		+33	+43	+66	-5+Δ	–	-23+Δ	-23	-40+Δ	0
» 450 » 500		+1650	+840	+480															

Продолжение таблицы 5

Интервалы размеров, мм	Буквен- ное обо- значение	Верхнее отклонение <i>ES</i>																		
		от Р до ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Поправка Δ, мкм					
	Квалитет	до 7	Свыше 7												3	4	5	6	7	8
Св.120 до 140		Отклонение, как для квалитетов св. 7, увеличенное на Δ	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23
» 140 » 160				-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900						
» 160 » 180				-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000						
» 180 » 200			-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	4	4	6	9	17	26
» 200 » 225				-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250						
» 225 » 250				-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350						
» 250 » 280			-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29
» 280 » 315				-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700						
» 315 » 355			-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32
» 355 » 400				-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100						
» 400 » 450			-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34
» 450 » 500				-162	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600						

Таблица 6 — Значения основных отклонений валов (по ГОСТ 25346-82), мкм

Интервалы размеров, мм	Буквен- ное обо- значение	Верхнее отклонение es												ei	
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j _s	j	
	Квалитет	Все квалитеты												5 и 6	7
До 3		-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Пре- дель- ные откло- нения $\pm \frac{IT}{2}$	2	-4
Св. 3 до 6		-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4
» 6 » 10		-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5
» 10 » 14		-290	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0		-3	-6
» 14 » 18															
» 18 » 24		-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0		-4	-8
» 24 » 30															
» 30 » 40		-310	-170	-120	—	-80	-50	—	-25	—	-9	0		-5	-10
» 40 » 50		-320	-180	-130											
» 50 » 65		-340	-190	-140	—	-100	-60	—	-30	—	-10	0		-7	-12
» 65 » 80		-360	-200	-150											
» 80 » 100		-380	-220	-170	—	-120	-72	—	-36	—	-12	0		-9	-15
» 100 » 120		-410	-240	-180											

Продолжение таблицы 6

Интервалы размеров, мм	Буквен- ное обо- значение	Нижнее отклонение ei																
		j	k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	Квалитет	8	От 4 до 7	До 3 и св. 7	Все квалитеты													
До 3		-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	–	+18	–	+20	–	+26	+32	+40	+60
Св. 3 до 6		–	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	–	+23	–	+28	–	+35	+42	+50	+80
» 6 » 10		–	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	–	+28	–	+34	–	+42	+52	+67	+97
» 10 » 14		–	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	–	+33	–	+40	–	+50	+64	+90	+130
» 14 » 18												+39	+45	–	+60	+77	+108	+150
» 18 » 24		–	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	–	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
» 24 » 30										+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
» 30 » 40		–	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
» 40 » 50										+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
» 50 » 65		–	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+114	+172	+226	+300	+405
» 65 » 80								+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
» 80 » 100		–	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
» 100 » 120								+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690

Интервалы размеров, мм	Буквен- ное обо- значение	Верхнее отклонение es												ei	
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	
	Квалитет	Все квалитеты												5 и 6	7
Св.120 до 140		-460	-260	-200	—	-145	-85	—	-43	—	-14	0	Пре- дель- ные откло- нения $\pm \frac{IT}{2}$	-11	-18
» 140 » 160		-520	-280	-210											
» 160 » 180		-580	-310	-230											
» 180 » 200		-660	-340	-240	—	-170	-100	—	-50	—	-15	0		-13	-21
» 200 » 225		-740	-380	-260											
» 225 » 250		-820	-420	-280											
» 250 » 280		-920	-480	-300	—	-190	-190	—	-56	—	-7	0		-16	-26
» 280 » 315		-1050	-540	-330											
» 315 » 355		-1200	-600	-360	—	-210	-210	—	-62	—	-18	0		-18	-28
» 355 » 400		-1350	-680	-400											
» 400 » 450		-1500	-760	-440		-230	-230	—	-68	—	-20	0		-20	-32
» 450 » 500		-1650	-840	-480											

Продолжение таблицы 6

Интерв. разм., мм	Букв. обоз.	Нижнее отклонение e _i																
		i	k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	Ква- литет	8	От 4 До 7	До 3 и св. 7	Все квалитеты													
Св.120 до 140	—	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
» 140 » 160							+65	+100	+134	+199	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900	
» 160 » 180							+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000	
» 180 » 200	—	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150	
» 200 » 225							+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250	
» 225 » 250							+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+610	+820	+1050	+1350	
» 250 » 280	—	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550	
» 280 » 315							+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700	
» 315 » 355	—	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900	
» 355 » 400							+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100	
» 400 » 450	—	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+470	+920	+1100	+1450	+1850	+2400	
» 450 » 500							+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600	

В ГОСТ 25347-82 приведены также рекомендуемые поля допусков валов и отверстий (табл.7, 8), а также рекомендуемые посадки в обеих системах. Здесь приведены посадки только в системе отверстия (табл.9) как более распространенные.

Таблица7 — Поля допусков валов для номинальных размеров от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347-82)

Квалитет	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
01								h01 [*]	js01 [*]												
0								h0 [*]	js0 [*]												
1								h1 [*]	js1 [*]												
2								h2 [*]	js2 [*]												
3								h3 [*]	js3 [*]												
4							g4	h4	js4	k4	m4	n4									
5							g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5						
6						f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6					
7					e7	f7		h7	js7	k7	m7	n7			s7		u7				
8			c8	d8	e8	f8		h8	js8 [*]								u8		x8		z8
9				d9	e9	f9		h9	js9 [*]												
10				d10				h10	js10 [*]												
11	a11	b11	c11					h11	js11 [*]												
12		b12						h12	js12 [*]												
13								h13	js13 [*]												
14								h14 [*]	js14 [*]												
15								h15 [*]	js15 [*]												
16								h16 [*]	js16 [*]												
17								h17 [*]	js17 [*]												

Таблица 8 — Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347 – 82)

Квали- тет	Основные отклонения																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	J _S	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
5							G5	H5	J _S 5	K5	M5	N5									
6							G6	H6	J _S 6	K6	M6	N6	P6		S6						
7						F7	G7	H7	J _S 7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7					
8				D8	E8	F8		H8	J _S 8	K8	M8	N8					U8				
9				D9	E9	F9		H9	J _S 9												
10				D10				H10	J _S 10												
11	A11	B11	C11	D11				H11	J _S 11												
12		B12						H12	J _S 12												
13								H13*	J _S 13*												
14								H14*	J _S 14*												
15								H15*	J _S 15*												
16								H16*	J _S 16*												
17								H17*	J _S 17*												

Таблица 9 — Рекомендуемые посадки в системе отверстия для номинальных размеров от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347-82)

Поля допусков отверстий																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z	
H5							$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{j_s4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$								
H6						$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{j_s5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$					
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}$	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{j_s6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f7}; \frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{j_s7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$		$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
				$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{f9}$		$\frac{H8}{h9}$												
H9				$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e8}; \frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f8}; \frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h8}; \frac{H9}{h9}$												
H10				$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h9}; \frac{H10}{h10}$												
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$												
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$												

При проектировании поля допусков валов и отверстий выбирают из числа рекомендуемых ГОСТ 25347-82, по возможности из числа предпочтительных (в табл.9 они обведены рамкой).

В тех случаях, когда конструктор назначает иное поле допуска, то есть не из числа рекомендованных стандартом, предельные отклонения определяются через основные отклонения (табл.5 и табл.6).

Поскольку к тому же студенты при изучении курса «Взаимозаменяемость, метрология, стандартизация» обязательно прodelывают такую работу (благодаря этому они усваивают большинство новых для них понятий и терминов), приведем пример.

Пример. Для соединения $\varnothing 160_{k7/s6}$ составить схемы расположения полей допусков, определить систему образования и вид посадок, найти и указать на схемах предельные отклонения и размеры отверстий и вала, предельные зазоры или натяги, допуск посадки в соединении (поля допусков определять через основные отклонения).

Для построения схем расположения полей допусков и выполнения задания воспользуемся тремя таблицами ГОСТ 25346-82:

- основные отклонения валов (табл.5);
- основные отклонения отверстий (табл.6);
- допуски для размеров до 500 мм (табл.1);

По таблице основных отклонений отверстий находим, что основное отклонение K - это верхнее отклонение ES, причем $ES = -3 + \Delta = -3 + 15 = 12$ мкм, где Δ — поправка.

По таблице допусков (табл. 1) устанавливаем, что допуск размера 160 мм по 7-му качеству составляет 40 мкм, т.е. $T_D = 40$ мкм.

Тогда из формулы $T_D = ES - EI$ находим нижнее отклонение отверстия

$$EI = ES - T_D = 12 - 40 = -28 \text{ мкм.}$$

Наибольший предельный размер отверстия

$$D_{\max} = D + ES = 160 + 0,012 = 160,012 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный размер отверстия

$$D_{\min} = D + EI = 160 + (-0,028) = 159,972 \text{ мм.}$$

Аналогично, воспользовавшись таблицами основных отклонений валов и допусков размеров, находим, что нижнее отклонение вала $ei = +100$ мкм, допуск размера вала $T_d = 25$ мкм.

Из формулы $T_d = es - ei$ определяем верхнее отклонение вала

$$es = ei + T_d = 100 + 25 = +125 \text{ мкм.}$$

Наибольший предельный диаметр вала

$$d_{\max} = d + es = 160 + 0,100 = 160,00 \text{ мм.}$$

Наименьший предельный диаметр вала

$$d_{\min} = d + ei = 160 + 0,100 = 160,00 \text{ мм.}$$

Ниже (рис. 3) представлена схема расположения полей допусков. Как видно из схемы, данное соединение — соединение с натягом (посадка внесистемная).

Наибольший натяг в соединении

$$N_{\max} = es - EI = 125 - (-28) = 153 \text{ мкм.}$$

Наименьший натяг в соединении

$$N_{\min} = ei - ES = 100 - 12 = 88 \text{ мкм.}$$

Допуск посадки

$$T_n = T_D + T_d = N_{\max} - N_{\min} = 40 + 25 = 153 - 88 = 65 \text{ мкм.}$$

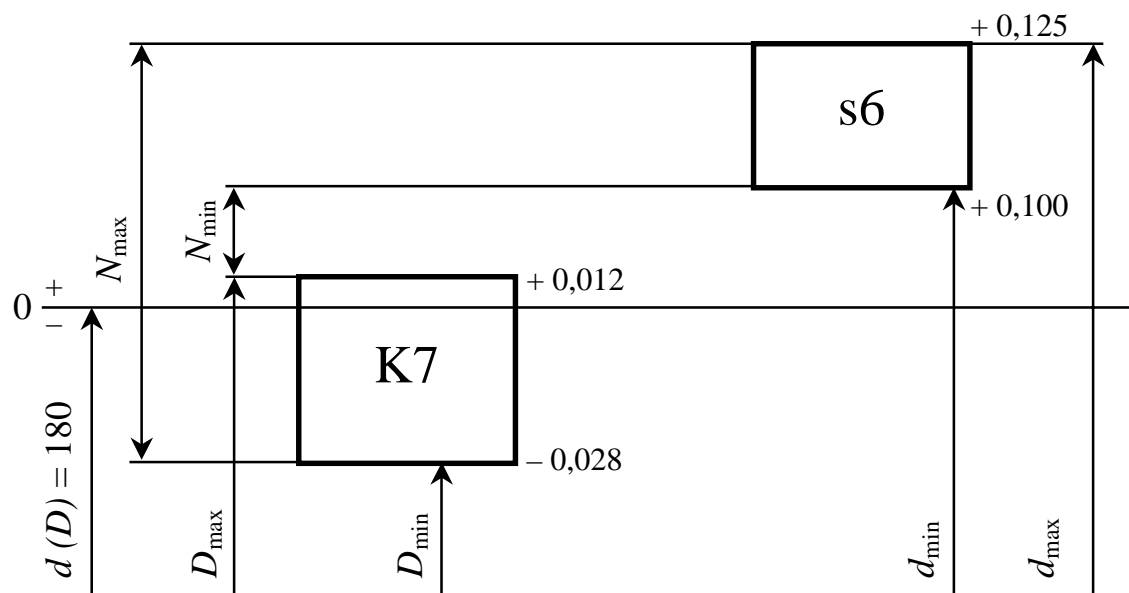


Рисунок 3 — Схема расположения полей допусков соединения $\varnothing 160K7/s6$

3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ ПОСАДОК СОЕДИНЕНИЙ В УЗЛАХ ИЗДЕЛИЙ.

При выборе вида посадки в соединениях, прежде всего, учитывают служебное назначение соединения.

Посадки с зазором в системе отверстия (вала) образуются с помощью основных отклонений a (A), b (B), c (C), ..., h (H) и предназначены для подвижных и неподвижных соединений деталей. В подвижных соединениях зазор служит для обеспечения свободы перемещения, размещения слоя смазки, компенсации температурных деформаций, а также компенсации отклонений формы и расположения поверхностей, погрешности сборки и др.

Для наиболее ответственных соединений, которые должны работать в условиях жидкостного трения, зазоры подсчитываются на основе гидродинамической теории трения.

В случаях, когда допускается работа соединения в условиях полужидкостного, полусухого и сухого трения, выбор посадок чаще всего производится по аналогии с посадками известных и хорошо работающих соединений. При этом следует вносить поправки с учетом конкретных особенностей параметров и условий работы соединений.

В неподвижных соединениях посадки с зазором применяются для обеспечения беспрепятственной сборки деталей (в особенности сменных). Их относительная неподвижность обеспечивается дополнительным креплением шпонками и винтами, болтами, штифтами и т. п.

Посадки с натягом образуются в системе отверстия (вала) с использованием основных отклонений p (P), r (R), s (S), ..., zc (ZC) и предназначены для неподвижных неразъемных (или разбираемых лишь в отдельных случаях при ремонте) соединений деталей, как правило, без дополнительного крепления винтами, штифтами, шпонками и т. п. Относительная неподвижность деталей при этих посадках достигается за счет напряжений, возникающих в материале сопрягаемых деталей вследствие действия деформаций их контактных поверхностей. При прочих равных условиях напряжения пропорциональны натягу. В большинстве случаев посадки с натягом вызывают упругие деформации контактных поверхностей, но в ряде посадок с натягом, особенно при относительно больших натягах или в соединениях деталей, изготовленных из легких сплавов и пластмасс, возникают упругопластические деформации (пластические деформации в одной или обеих деталях распространяются не на всю толщину материала) или пластические деформации, распространяющиеся на всю толщину материала. Применение таких посадок во многих случаях возможно и целесообразно.

В отличие от других способов обеспечения неподвижности деталей в соединении при передаче нагрузок, посадки с натягом позволяют упростить конструкцию и сборку деталей и обеспечивают высокую степень их центрирования. В сравнительно редких случаях, при передаче очень больших крутящих моментов или при наличии весьма больших сдвигающих сил, в соединениях с натягом дополнительно применяются крепежные детали.

Заметим, что посадки с натягом назначают чаще всего на основе расчетов, необходимые данные для которых приведены в разделе 4 настоящего пособия.

Переходные посадки образуются в системе отверстия (вала) с использованием основных отклонений js (JS), i (I), k (K), m (M), n (N) и предназначены для неподвижных, но разъемных соединений деталей и обеспечивают хорошее центрирование соединяемых деталей. При выборе переходных посадок необходимо учитывать, что для них характерна возможность получения как натягов, так и зазоров. Натяги, получающиеся в переходных посадках, имеют относительно малую величину и обычно не требуют проверки деталей на прочность, за исключением отдельных тонкостенных деталей. Эти натяги недостаточны для передачи соединением значительных крутящих моментов или усилий. К тому же получение натяга в каждом из собранных соединений без предварительной сортировки деталей не гарантировано. Поэтому переходные посадки применяют с дополнительным креплением соединяемых деталей шпонками, штифтами, винтами и др. Иногда эти посадки применяют без дополнитель-

ного крепления, например, когда сдвигающие силы весьма малы, при значительной длине соединения, если относительная неподвижность деталей в соединении не является обязательным условием их качественной работы и т. д.

Зазоры, в отдельных случаях получающиеся в переходных посадках, также относительно малы, что предотвращает значительное смещение (эксцентриситет) соединяемых деталей.

Системой допусков и посадок предусматривается несколько типов переходных посадок, различающихся вероятностью получения натягов или зазоров. Чем больше вероятность получения натяга, тем более прочной является посадка. Более прочные посадки назначают для более точного центрирования деталей, при ударных и вибрационных нагрузках, при необходимости обеспечить неподвижное соединение деталей без дополнительного крепления. Однако сборка соединений с более прочными посадками усложняется и требует значительных усилий, поэтому, если ожидается частая разборка и повторная сборка, если соединение труднодоступно для монтажных работ или необходимо избежать повреждения сопрягаемых поверхностей, применяют менее прочные переходные посадки.

Переходные посадки установлены в относительно точных квалитетах; валы в 4-7-м, отверстия в 5-8-м. Отверстие в переходных посадках, как правило, принимают на один квалитет грубее вала. Основной ряд переходных посадок образуется валами 6-го квалитета и отверстиями 7-го квалитета (в этих квалитетах установлены предпочтительные поля допусков для переходных посадок). Для более точных посадок характерно повышение точности сборки: абсолютные значения наибольших натягов и зазоров уменьшаются, благодаря чему возрастает точность центрирования и снижается сборочное усилие. Вероятности получения зазоров и натягов остаются теми же, что и для одноименных посадок средней точности, в отдельных случаях вероятность получения натяга увеличивается (посадки $H5/n4$ $H6/n5$; уже относятся к группе посадок с гарантированным натягом). Для менее точных посадок (сочетание отверстий 8-го квалитета с валами 7-го квалитета) вероятность получения зазора сохраняется той же или увеличивается (соединение получается менее прочным). Абсолютные значения наибольших натягов и зазоров увеличиваются, т. е. снижается точность центрирования и увеличивается максимальное усилие сборки. В отдельных случаях возможно применение переходных посадок с другим соотношением допусков отверстия и вала (квалитет отверстия либо равен квалитету вала, либо на два квалитета грубее, чем у вала).

Если изложенных рекомендаций недостаточно, для назначения посадок в соединениях можно воспользоваться рекомендациями, где приведены характеристики и примеры применения посадок в типовых узлах изделий машиностроения.

В случае необходимости более обоснованного назначения переходной посадки с учетом планируемой вероятности получения в соединении зазора или натяга посадку выбирают на основе расчетов [33, с. 320-322].

4 РАСЧЕТЫ ПОСАДОК С НАТЯГОМ И ПЕРЕХОДНЫХ ПОСАДОК

Для расчетов посадок с натягом, методика которых изложена в [51], используются следующие данные: материалы и механические свойства зубчатых колес (табл. 10), значения коэффициентов Ляме C_a и C_v (табл. 11), значения модулей упругости E и коэффициента Пуассона μ (табл. 12), значение коэффициента трения f (табл. 13), рекомендуемая шероховатость поверхностей сопрягаемых деталей при сборке соединений с натягом (табл. 14).

Таблица 10 — Материалы зубчатых колес и их механические свойства

Область применения	Марка Стали	ГОСТ	Размер сечения S, мм	Термообработка	Мех. свойства после термообработки	
					Твердость НВ	Предел текучести σ_T , МПа
Редукторы общего назначения при спокойной нагрузке и неограниченности габаритов	45	1050-88	≤ 80	Нормализация	170...217	340
			≤ 100	Улучшение	192...240	450
			≤ 60	-«-	241...285	580
	50		≤ 80	Нормализация	179...228	
	50J ₁	977-80	Отливка	Нормализация	≥ 155	340
	40X	4543-71	60...100	Улучшение	230...260	520
				-«-	260...280	800
Редукторы общего назначения при ограниченных габаритах	40X	4543-71	≤ 40	Закалка	--	1400
			40...100	Улучшение	230...300	600
			100...300	-«-	241	580
	20X		≤ 60	Цементация	197	400
Редукторы общего назначения при жестко ограниченных габаритах и ударных нагрузках. Спец. тяжело нагруженные редуктора и коробки скоростей	18ХГТ		--	-«-	285	900
	26ХГТ	4543-71	--	Цементация		
	12ХН3А		40..60	-«-		
			≤ 40	-«-		
	12Х2Н4А		60...80	-«-		
	20ХГНР		40...60	-«-		
			≤ 40	-«-		
	2СХ2Н4А		80...60	-«-		
	18Х2Н4А		≤ 60	-«-		

Таблица 11 — Коэффициенты Ляме C_a и C_b в зависимости от отношения диаметров сопрягаемых деталей и коэффициентов Пуассона μ_b и μ_a

$\frac{d_1}{d}$ или $\frac{d}{d_2}$	$\mu_b = \mu_a = 0,3$		$\mu_b = \mu_a = 0,25$		$\frac{d_1}{d}$ или $\frac{d}{d_2}$	$\mu_b = \mu_a = 0,3$		$\mu_b = \mu_a = 0,25$	
	C_b	C_a	C_b	C_a		C_b	C_a	C_b	C_a
0,00	0,70	1,3	0,75	1,25	0,5	1,37	1,97	1,42	1,92
0,1	0,72	1,32	0,77	1,27					
0,2	0,78	1,38	0,83	1,33					
0,3	0,89	1,49	0,95	1,45	0,6	1,83	2,43	1,88	2,37
0,4	1,08	1,68	1,13	1,63	0,7	2,62	3,22	2,67	3,17
					0,8	4,25	4,85	4,30	4,80
					0,9	9,23	9,83	9,28	9,78

Примечание. Обозначения: d — диаметр соединения, d_1 — диаметр отверстия охватываемой детали, d_2 — наружный диаметр охватываемой детали. Индексы «в» и «а» относятся соответственно к валу и отверстию.

Таблица 12 — Значения E и μ для некоторых материалов

Материал	E , Па	μ
Сталь и стальные отливки	$(1,96-2) \cdot 10^{11}$	0,3
Чугунные отливки	$(0,74-1,05) \cdot 10^{11}$	0,25
Оловянистая бронза	$0,84 \cdot 10^{11}$	0,35
Латунь	$0,78 \cdot 10^{11}$	0,38
Пластмассы	$(0,005-0,35) \cdot 10^{11}$	0,38

Таблица 13 — Коэффициент трения f при установившемся процессе распрессовки или провертывании

Материал сопрягаемых деталей	Коэффициент трения f	Примечание
Сталь—сталь	0,06—0,13	При образовании соединений с использованием температурных деформаций (нагрев охватываемой детали, охлаждение охватываемой детали) значения f в 1,5—1,6 раза выше приведенных. При стальных и чугунных деталях часто принимают $f = 0,14$.
Сталь — чугун	0,07—0,12	
Сталь — магниево-алюминиевые сплавы	0,03—0,05	
Сталь—латунь	0,05-0,1	
Сталь — пластмассы	0,15—0,25	

Таблица 14 — Рекомендуемая шероховатость сопрягаемых поверхностей в соединениях с натягом

Метод сборки	Характеристика поверхности		Значения параметра Ra, мкм, не более		
	Вид	Квалитет	Номинальные размеры деталей, мм		
			До 30	Св. 30 до 180	Св. 180 до 500
Механическая	Вал	5	0.1 - 0.2	0.4	0.4
	Отверстие		0.2 - 0.4	0.8	0.8
	Вал	6-7	0.4	0.8	1.6
С предварительным нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой деталей	Отверстие		0.8	1.6	1.6
	Вал	8	0.8	0.8 - 1.6	1.6 - 3.2
	Отверстие		1.6	1.6 - 3.2	1.6 - 3.2
С предварительным нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой деталей	Вал	5	1.6	1.6	1.6 - 3.2
	Отверстие		0.4	0.4	0.8
	Вал	6-7	3.2	3.2	6.3 - 3.2
	Отверстие		0.8	0.8	1.6
	Вал	8	3.2	3.2	6.3 - 3.2
	Отверстие		1.6	1.6	1.6

При расчете переходных посадок обычно исходят из нормального закона распределения размеров деталей при изготовлении.

Для расчетов вероятностей зазоров и натягов в соединениях с переходными посадками используют таблицу процентов натягов P_N (табл. 15) или интегральную функцию вероятностей $\Phi(z)$ (табл. 16).

Таблица 15 — Вероятность натягов P_N (в %) для переходных посадок (при размерах от 3 до 500 мм)

Посадка		Процент натягов P_N , %	Посадка		Процент натягов P_N , %
$H5/m4$	$M5/h4$	99,93-99,98	$H7/m6$	$M7/h6$	80-85
$H5/k4$	$K5/h4$	38-68	$H7/k6$	$K7/h6$	24-34
$H5/js4$	—	0,5-1,0	$H7/j6$	$J7/h6$	0,5-4,0
—	$J_s5/h4$	3-6	$H7/js6$	—	0,5-0,6
$H6/m5$	$M6/h5$	94-99	—	$J_s7/h6$	5-6
$H6/k5$	$K6/h5$	38-50	$H8/n7$	$N8/h7$	88-93
$H6/j5$	$J6/h5$	0,1-2,6	$H8/m7$	$M8/h7$	60-71
$H6/js5$	—	0,5-0,8	$H8/k7$	$K8/h7$	24-29
—	$J_s6/h5$	4-5	$H8/j7$	$J8/h7$	0,6-2,7
$H7/n6$	$N7/h6$	99,1-99,6	$H8/js7$	—	0,6-0,7
			—	$J_s8/h7$	4-5

Примечание: Процент P_S зазоров определяется по формуле: $P_S = 100 - P_N$.
Например, при $P_N = 24\%$ $P_S = 100 - 24 = 76\%$

Таблица 16 — Значения функции $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \exp -\frac{z^2}{2} dz$

z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$
0,01	0,0040	0,31	0,1217	0,72	0,2642	1,80	0,4641
0,02	0,0080	0,32	0,1255	0,74	0,2764	1,85	0,4678
0,03	0,0120	0,33	0,1293	0,76	0,2764	1,90	0,4713
0,04	0,0160	0,34	0,1331	0,78	0,2823	1,95	0,4744
0,05	0,0199	0,35	0,1368	0,80	0,2881	2,00	0,4772
0,06	0,0239	0,36	0,1406	0,82	0,2939	2,10	0,4821
0,07	0,0279	0,37	0,1443	0,84	0,2995	2,20	0,4861
0,08	0,0319	0,38	0,1480	0,86	0,3051	2,30	0,4893
0,09	0,0359	0,39	0,1517	0,88	0,3106	2,40	0,4918
0,10	0,0398	0,40	0,1554	0,90	0,3159	2,50	0,4938
0,11	0,0438	0,41	0,1591	0,92	0,3212	2,60	0,4953
0,12	0,0478	0,42	0,1628	0,94	0,3264	2,70	0,4965
0,13	0,0517	0,43	0,1664	0,96	0,3315	2,80	0,4974
0,14	0,0557	0,44	0,1700	0,98	0,3365	2,90	0,4981
0,15	0,0596	0,45	0,1736	1,00	0,3413	3,00	0,49865
0,16	0,0636	0,46	0,1772	1,05	0,3531	3,20	0,49931
0,17	0,0675	0,47	0,1808	1,10	0,3643	3,40	0,49966
0,18	0,0714	0,48	0,1844	1,15	0,3749	3,60	0,49984
0,19	0,0753	0,49	0,1879	1,20	0,3849	3,80	0,499928
0,20	0,0793	0,50	0,1915	1,25	0,3944	4,00	0,499968
0,21	0,0832	0,52	0,1985	1,30	0,4032	4,50 5,00	0,499997 0,4999997
0,22	0,0871	0,54	0,2054	1,35	0,4115		
0,23	0,0910	0,56	0,2190	1,40	0,4192		
0,24	0,0948	0,58	0,2190	1,45	0,4265		
0,25	0,0987	0,60	0,2257	1,50	0,4332		
0,26	0,1020	0,62	0,2324	1,55	0,4394		
0,27	0,1064	0,64	0,2389	1,60	0,4452		
0,28	0,1103	0,66	0,2454	1,65	0,4505		
0,29	0,1141	0,68	0,2517	1,70	0,4554		
0,30	0,1179	0,70	0,2580	1,75	0,4599		

5 ВЫБОР ДОПУСКОВ (КВАЛИТЕТОВ) РАЗМЕРОВ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Вопрос о выборе оптимальной точности обработки — весьма сложная технико-экономическая задача. При ее решении необходимо учитывать не только стоимость обработки, но и стоимость сборки, которая понижается с повышением точности обработки, а также влияние точности на эксплуатационные характеристики и экономические показатели работы машины (надежность, долговечность, к. п. д., расход горючего и др.).

Выбор качества зависит также от требуемого характера соединения (типа посадки). Например, в случае необходимости центрирования сопрягаемых деталей нужны переходные посадки, которые усыновлены только в относительно точных качествах (4-7-й для валов и 5-8 для отверстий). Выбор же одного из этих качеств определяется конкретными требованиями к точности того соединения, для которого предназначаются рассматриваемые детали. В случаях необходимости применения посадок с натягом можно пользоваться в основном четырьмя качествами (с 5 по 8), в которых они установлены, а конкретный качество выбирается так же, как и указано выше.

При назначении допусков (качеств) поверхностей деталей необходимо учитывать возможности производства, то есть достижимую точность при различных методах получения детали (табл.17).

Таблица 17 — Методы обработки, обеспечивающие получение различных качеств при средней экономической точности

Квалитеты		Методы обработки (в скобках указаны возможные пределы колебания достижимых качеств)
Вала	Отверстия	
4-5	5-6	Шлифование круглое тонкое; прошивание тонкое (6-7); развальцовывание тонкое (5-6); полирование тонкое *; притирка тонкая; доводка средняя (5-6), тонкая; хонингование цилиндров (6-7); лаппингование тонкое; суперфиниширование *; анодно-механическое шлифование притирочное (5-6).
6-7	7-8	Обтачивание или растачивание тонкое (алмазное); чистовое (6-9); развертывание чистовое, тонкое(6-7)**; протягивание чистовое, отделочное; шлифование круглое чистовое; шлифование плоское чистовое, тонкое; прошивание чистовое (7-9); калибрование отверстий шариком или оправкой после растачивания или развертывания; обкатывание или раскатывание шариками или роликами (6-9); развальцовывание чистовое; притирка чистовая; полирование обычное; доводка грубая; хонингование плоскостей; лаппингование предварительное и среднее; анодно-механическое шлифование черновое (6-9), чистовое; электрополирование декоративное (6-9); электромеханическое точение обычное (6-9), чистовое; электромеханическое сглаживание; холодная штамповка в вырубных штампах – контурные размеры плоских деталей при зачистке и калибровке
8-9	9	Строгание тонкое (7**, 8***); фрезерование тонкое (7**); обтачивание поперечной подачей тонкое (8-11); развертывание получистовое (9-10), для чугуна (8); протягивание получистовое; шабрение тонкое; слесарная опиловка (9-11); зачистка наждачным полотном – после резца и фрезы (9-11); шлифование круглое получистовое (8-11); калибрование отверстий шариком или оправкой – после сверления; холодная штамповка в вытяжных штампах – полые детали простых форм по высоте (9-12); холодная штамповка в вырубных штампах – контурные размеры плоских деталей при зачистке; горячая объемная штамповка без калибровки (9-11)

Продолжение таблицы 17

Квалитеты		Методы обработки (в скобках указаны возможные пределы колебания достижимых квалитетов)
Вала	Отверстия	
10		Зенкерование чистовое (10-11); холодная штамповка в вытяжных штампах – полые детали простых форм по диаметру (10-11).
11		Строгание чистовое (11-13), 10 ^{**} ; фрезерование чистовое (10 ^{**}); фрезерование скоростное чистовое (11-13); обтачивание поперечной подачей чистовое (11-13); обтачивание скоростное; подрезка торцов (11-13); сверление по кондуктору (11-13); шабрение грубое; анодно-механическое разрезание заготовки обычное (11-13), специальное; электроконтактное разрезание листов (11-13); литье по выплавляемым моделям – мелкие детали из черных металлов (11-13); холодная штамповка в вытяжных штампах – глубокая вытяжка полых деталей простых форм; холодная штамповка плоских деталей при пробивке. См. также методы обработки для 9 и 10-го квалитетов (возможные пределы колебания квалитетов)
12-13		Строгание черновое (12-14); долбление чистовое; фрезерование черновое (12-14), 11 ^{**} ; фрезерование скоростное (12-14); обтачивание продольной подачей получистовое (12-14); сверление без кондуктора (12-14); рассверливание (12-14); зенкерование черновое, по корке (12-15); растачивание получистовое (12-14); литье в оболочковые формы – детали из черных металлов (12-14); холодная штамповка в вырубных штампах – контурные размеры плоских деталей при вырубке; отрезка абразивом (12-15)
14-17		Автоматическая газовая резка (15-17); отрезка ножницами и пилами (15-17); отрезка резцом и фрезой (14-16); долбление черновое (14-15); обтачивание продольной подачей обдирочное (16-17), получистовое (14-15); растачивание черновое (15-17); литье в песчаные формы — черные металлы (14-16); литье в песчаные формы (большие допуски) – цветные сплавы (16-17); литье в кокиль – черные металлы (14-16), цветные сплавы (большие допуски, 14-16); литье по выплавляемым моделям – цветные сплавы при размерах деталей 30-500 мм (14-15); литье в оболочковые формы (большие допуски) — цветные сплавы (15-16); литье под давлением (большие допуски) — цветные сплавы (14-15); центробежное литье (15); горячая ковка в штампах (14-17); горячая вырубка и пробивка (14-16); сварка (16-17)

* Точность размеров, достигаемая при полировании и суперфинишировании, зависит от точности предварительной обработки.

** Является экономической точностью для чугуна.

*** При чистовой обработке крупных деталей (например, станин, рам и т.п.) точность строгания на продольно-строгальных станках может быть получена по 7-му квалитету.

Подробно факторы, которые следует учитывать при назначении допусков (квалитетов) на основе современной концепции качества в рыночных условиях, изложены в [40].

6 НАЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Выбор посадок подшипников на вал и в отверстие корпуса производят в зависимости от того, вращается или не вращается данное кольцо относительно действующей на него радиальной нагрузки или от вида нагружения, величины, направления и динамики действующих нагрузок.

При выборе посадок следует учитывать также перепад температур между валом и корпусом, монтажные и контактные деформации колец, влияющие на рабочий зазор в подшипнике, материал и состояние посадочных поверхностей вала и корпуса, условия монтажа, а также вид режима работы подшипника по интенсивности нагружения.

По интенсивности нагружения подшипниковых узлов, характеризуемой отношением радиальной нагрузки R к радиальной динамической грузоподъемности C , режимы их работы подразделяют на легкий, нормальный, тяжелый и на «особые условия».

К режиму «особые условия» относят условия эксплуатации подшипников, работающих при ударных и вибрационных нагрузках (в ходовых колесах мостовых кранов, роликах рольгангов, на коленчатых валах двигателей, в узлах дробилок, прессов» экскаваторов, манипуляторов прокатных станов и т.п.). Посадки подшипников для таких узлов выбирают так же, как и для тяжелого режима работы, независимо от отношения нагрузки к динамической грузоподъемности.

Выбор посадок колец подшипников в зависимости от вида нагружения, режима работы, диаметра, типа подшипников производится по таблицам рекомендуемых посадок приведенных в ГОСТ 3325-85 (табл. 18 и табл.19).

Таблица 18 — Рекомендуемые посадки подшипников на вал (ГОСТ 3325-85)

Условия, определяющие выбор посадки		Подшипники с отверстиями диаметров, мм				Примеры машин и подшипниковых узлов	Рекомендуемая посадка
Вид нагружения внутреннего кольца	Режим работы	Радиальные		Радиально-Упорные			
		Шариковые	Роликовые	Шариковые	Роликовые		
Местное (вал не вращается)	Легкий или нормальный $P \leq 0,7C$	Подшипники всех диаметров				Ролики ленточных транспортеров, конвейеров и подвесных дорог для небольших грузов, барабаны самописцев, опоры волновых передач	L0/g6; L6/g6
	Нормальный или тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$					Передние и задние колеса автомобилей и тракторов, колеса вагонеток, самолетов и т. п. Валки мелко-сортных прокатных станов	L0/g6; L6/g6; L0/f7; L6/f7; L0/h6; L6/h6
						Блоки грузоподъемных машин, ролики рольгангов, валки станов для прокатки труб, крюковые обоймицы кранов	L0/h6; L6/h6
Циркуляционное (вал вращается)	Легкий или нормальный $0,07C < P \leq 0,15C$	До 50				Гидромоторы и малогабаритные электромашины, приборы. Внутришлифовальные шпиндели, электрошпиндели, турбохолодильники	L5/js5; L4/js5; L2/js4; L5/h5;
Циркуляционное (вал вращается)	Легкий или нормальный $0,07C < P \leq 0,15C$	До 40	До 40	До 100	До 40	Гидромоторы и малогабаритные электромашины, приборы. Внутришлифовальные шпиндели, электрошпиндели, турбохолодильники	L0/k6; L6/k6; L5/js5; L4/js5; L2/js4; L0/js6; L6/js6
		До 100	До 100	Св. 100	До 100		L5/k5; L4/k5; L2/k2; L0/k6; L6/js6
		До 250					L0/m6; L6/m6

Продолжение таблицы 18

Циркуляционное (вал вращается)	Нормальный или тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$	До. 100	До 40	До 100	До 100	Сельскохозяйственные машины, центрифуги, газотурбинные двигатели, центробежные насосы, вентиляторы, электромоторы, редукторы, коробки скоростей станков, коробки передач автомобилей и тракторов	L5/k5; L4/k5; L2/k4; L0/k6; L6/k6; L0/js6; L6/js6
		Св. 100	До 100	Св. 100	До 180		L5/m5; L4/m5; L2/m4; L0/m6 L6/m6
Циркуляционное (вал вращается)	Нормальный или тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$	—	До 250	—	До 250	Электродвигатели мощностью до 100 кВт турбины, кривошипно-шатунные механизмы, шпиндели металлорежущих станков, крупные редукторы. Редукторы вспомогательного оборудования прокатных станов	L5/n5; L4/n5; L2/n4; L0/n6; L6/n6; L0/p6; L6/p6
Циркуляционное (вал вращается)	Тяжелая и ударная нагрузки	—	Св. 50 до 140	—	—	Железнодорожные и трамвайные буксы, буксы тепловозов и электровозов, коленчатые валы двигателей, электродвигатели мощностью свыше 100 кВт, крупные тяговые электродвигатели, ходовые колеса мостовых кранов, ролики рольгангов тяжелых станков, дробильные машины, дорожные машины, экскаваторы, манипуляторы прокатных станов, шаровые дробилки, вибраторы, грохоты, инерционные транспортеры	L0/m6; L6/m6; L0/n6; L6/n6
		—	Св. 140 до 200	—	—		L0/p6; L6/p6
		—	Св. 200 до 250	—	—		L0/r6; L6/r6; L0/r7; L6/r7
Циркуляционное (вал вращается)	Тяжелая и ударная нагрузки	Подшипники на закрепительно-стяговых втулках всех диаметров				Железнодорожные и трамвайные буксы, буксы тяжело нагруженных металлургических транспортных устройств. Некоторые узлы сельхозмашин	Поля допусков вала h8; h9
	Нормальный	Подшипники на закрепительных втулках всех диаметров				Трансмиссионные и контрприводные валы и узлы сельхозмашин	Поля допусков вала h9; h10

Таблица 19 — Рекомендуемые посадки подшипников в корпус (ГОСТ 3325-85)

Условия, определяющие выбор посадки		Примеры машин и подшипниковых узлов	Рекомендуемая посадка
Вид нагружения наружного кольца	Режим работы		
Циркуляционное (вращается корпус)	Тяжелый при тонкостенных корпусах $P > 0,15C$	Колеса автомобиля, тракторов, башенных кранов, ведущие барабаны гусеничных машин	$P7/10; P7/16;$
	Нормальный $0,07C < P \leq 0,15C$	Ролики ленточных транспортеров, барабаны комбайнов, валки станков для прокатки труб	$Js7/10; Js7/16;$ $K7/10; K7/16$
	Нормальный или тяжелый $0,07C < P < 0,15C$	Передние колеса автомашин и тягачей. Ролики рольгангов коленчатые валы, ходовые колеса мостовых и козловых кранов. Опоры и балки крюковых обоймиц и полиспастов. Опорно-поворотные устройства кранов	$N7/10; N7/16;$ $M7/10; M7/16$
Местное (вращается вал)	Нормальный или тяжелый (для точных узлов) $0,07C < P < 0,15C$	Шпиндели тяжелых металлорежущих станков	$M6/15; M6/14;$ $K6/15; K6/14$
	Нормальный $0,07C < P \leq 0,15C$	Электродвигатели, центробежные насосы, вентиляторы, центрифуги, шпиндели быстроходных металлорежущих станков, турбохолодильники, узлы с радиально-упорными шариковыми подшипниками	$Js6/15; Js6/14;$ $Js7/10; Js7/16$
	Нормальный или тяжелый (перемещение вдоль оси отсутствует) $0,07C < P < 0,15C$	Коробки передач, задние мосты автомобилей и тракторов. Подшипниковые узлы на конических роликовых подшипниках	$M7/10; M7/16;$ $K7/10; K7/16;$ $Js7/10; Js7/16$
Местное (вращается вал)	Нормальный или тяжелый $P > 0,15C$	Узлы общего машиностроения, редукторы, железнодорожные и трамвайные буксы, тяговые электродвигатели, сельскохозяйственные машины	$H7/10; H7/16;$ $I7/10; I7/16$
	Легкий или нормальный $P \leq 0,07C$	Быстроходные электродвигатели, оборудование бытовой техники	$H7/10; H7/16;$ $H6/15; H6/14;$ $H5/12; Js7/10;$ $Js7/16; Js6/15;$ $Js6/14; Js5/12$
Местное или колебательное (вращается вал)	Нормальный или тяжелый $0,07C < P \leq 0,15C$	Шпиндели шлифовальных станков, коленчатые валы двигателей	$K6/15; K6/14;$ $K5/12; Js6/15;$ $Js6/14; Js6/12$
	Легкий или нормальный $0,07C < P \leq 0,15C$	Трансмиссионные валы, молотилки, машины бумажной промышленности	$Js7/10; Js7/16;$ $H7/10; H7/16$
	Нормальный $0,07C < P \leq 0,15C$	Все типы узлов с упорными подшипниками	$H8/10; H8/16$

Продолжение таблицы 19

Условия, определяющие выбор посадки		Примеры машин и подшипниковых узлов	Рекомендуемая посадка
Вид нагружения наружного кольца	Режим работы		
Местное (вращается вал) нагрузка исключительно осевая	Тяжелый $P>0,15C$	Узлы с шариковыми упорными подшипниками	$H8/l0; H8/l6;$ $H9/l0; H9/l6;$ $H6/l5; H6/l4$
		Узлы с упорными подшипниками на конических роликах	$G7/l0; G7/l6;$ $G6/l5; G6/l4$
Местное (вращается вал)	Тяжелый или нормальный $0,07C<P\leq0,15C$	Узлы со специфическими упорными роликовыми подшипниками для: общего применения тяжелых металлорежущих станков (карусельных) вертикальных валов турбин	$Js7/l0; Js7/l6$
Циркуляционное (вращается корпус)	Тяжелый $P>0,15C$		$K7/l0; K7/l6$
			$M7/l0; M7/l6$

Примечание. В случае *разъёмных корпусов* посадки должны быть выбраны с зазором (поля допусков диаметров отверстий корпусов H7, H6, G7, G6).

Условные обозначения посадок подшипников указывают на сборочных чертежах и в нормативно-технической документации. При этом обозначение поля допуска подшипника состоит из символа l (для наружного кольца) или символа L (для внутреннего кольца) и класса точности подшипника. Например, для подшипника класса точности 0 на вал с номинальным диаметром 50 мм, с симметричным расположением поля допуска вала j_s6 (ГОСТ 25347-82) приводят следующие условное обозначение посадки:

$\varnothing 50 L0 / j_s6$.

Для того же подшипника в отверстие корпуса с номинальным диаметром 90 мм, с полем допуска H7 (ГОСТ 25347-82) проставляется посадка:

$\varnothing 90 H7 / l0$.

Обозначения этих посадок в чертежах приведены на рис. 31.

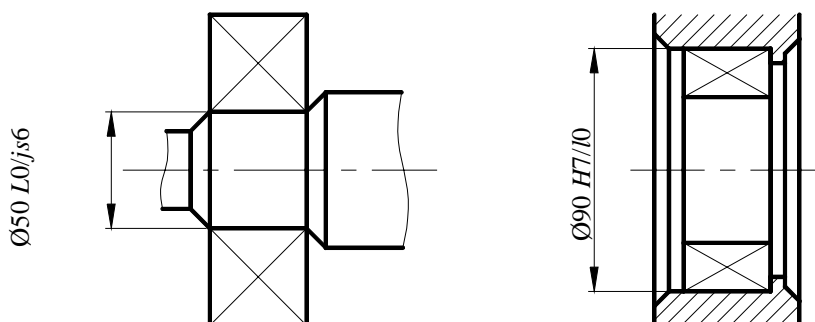


Рисунок 4 — Условное изображение посадок подшипников в чертежах

7 ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Чаще всего при нормировании и контроле точности резьбовых соединений решают 2 задачи:

- назначение посадки в соединении;
- определение годности резьбы по результатам измерения отдельных параметров при дифференцированном контроле.

Для решения первой задачи задаются классом точности резьбы и используют табл. 20-22, а для решения второй — табл. 23-24.

Примечание В пособии приведены таблицы для резьбовых соединений с зазором как наиболее применяемых в машиностроении.

Таблица 20 — Резьба метрическая с крупным шагом. Диаметры и шаги, мм (по ГОСТ 8724-81)

Наружный диаметр резьбы d для ряда		Шаг резьбы Р	Наружный диаметр резьбы d для ряда			Шаг резьбы Р	Наружный диаметр резьбы d для ряда		Шаг резьбы Р
1	2		1	2	3		1	2	
0,25	—	0,075	1,6	1,8	—	0,35	12	—	1,75
0,3	—	0,08	2	—	—	0,4	16	14	2
—	0,35	0,09	2,5	2,2	—	0,45	20	18; 22	2,5
0,4	0,45	0,1	3	—	—	0,5	24	27	3
0,5	0,55	0,125	—	3,5	—	(0,6)	30	33	3,5
0,6	—	0,15	4	—	—	0,7	35	39	4
—	0,7	0,175	—	4,5	—	(0,75)	42	45	4,5
0,8	—	0,2	5	—	—	0,8	48	52	5
—	0,9	0,225	6	—	7	1	56	(60)	5,5
1; 1,2	1,1	0,25	8	—	(9)	1,25	64	68	6
—	1,4	0,3	10	—	(11)	1,5	—	—	—

Таблица 21 — Длины свинчивания по ГОСТ 16093-81, мм

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы Р	Обозначение длин свинчивания		
		S (малые)	N (нормальные)	L (большие)
От 1 до 1,4	0,2	До 0,5	Св. 0,5 до 1,4	Св. 1,4
	0,25	» 0,6	» 0,6 « 1,7	» 1,7
	0,3	» 0,7	» 0,7 » 2	» 2
Св. 1,4 до 2,8	0,2	До 0,5	Св. 0,5 до 1,5	Св. 1,5
	0,25	» 0,6	» 0,6 » 1,9	» 1,9
	0,35	« 0,8	» 0,8 « 2,6	» 2,6
	0,4	» 1	» 1 « 3	» 3
	0,45	» 1,3	» 1,3 « 3,8	» 3,8
Св. 2,8 до 5,6	0,25	До 0,7	Св. 0,7 до 2,1	Св. 2,1
	0,35	» 1	» 1 » 3	» 3
	0,5	» 1,5	» 1,5 » 4,5	» 4,5
	0,6	» 1,7	» 1,7 » 5	» 5
	0,7	» 2	» 2 » 6	» 6
	0,75	» 2,2	» 2,2 » 6,7	» 6,7
	0,8	» 2,5	» 2,5 » 7,5	» 7,5

Продолжение таблицы 21

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг резьбы Р	Обозначение длин свинчивания		
		S (малые)	N (нормальные)	L (большие)
Св. 5,6 до 11,2	0,25	До 0,8	Св. 0,8 до 2,4	Св. 2,4
	0,35	» 1,1	» 1,1 » 3,4	» 3,4
	0,5	» 1,6	» 1,6 » 4,7	» 4,7
	0,75	» 2,4	» 2,4 » 7,1	» 7,1
	1	« 3	» 3 » 9	» 9
	1,25	» 4	» 4 » 12	» 12
	1,5	» 5	» 5 » 15	» 15
Св. 11,2 до 22,4	0,35	До 1,3	Св. 1,3 до 3,8	Св. 3,8
	0,5	1,8	» 1,8 5,5	5,5
	0,75	2,8	» 2,8 8,3	8,3
	1	3,8	» 3,8 И	11
	1,25	4,5	» 4,5 13	13
	1,5	5,6	» 5,6 16	16
	1,75	6	» 6 18	18
	2	8	» 8 24	24
	2,5	10	> 10 30	» 30
Св. 22,4 до 45	0,5	До 2,1	Св. 2,1 до 6,3	Св. 6,3
	0,75	3,1	> 3,1 » 9,5	» 9,5
	1	4	» 4 » 12	» 12
	1,5-	6,3	» 6,3 » 19	» 19
	2	8,5	» 8,5 » 25	» 25
	3	12	» 12 » 36	» 36
	3,5	15	» 15 » 45	» 45
	4	18	» 18 » 53	» 53
	4,5	21	» 21 » 63	» 63
Св. 45 до 90	0,5	До 2,4	Св. 2,4 до 7,1	Св. 7,1
	0,75	» 3,6	» 3,6 » 11	» 11
	1	» 4,8	» 4,8 » 14	» 14
	1,5	» 7,5	» 7,5 » 22	» 22
	2	» 9,5	» 9,5 » 28	» 28
	3	» 15	» 15 » 45	* > 45
	4	» 19	» 19 » 56	* 56
	5	» 24	> 24 » 71	» 71
	5,5	» 28	» 28 » 85	» 85
	6	» 32	» 32 > 95	» 95
Св. 90 до 180	0,75	До 4,2	Св. 4,2 до 12	Св. 12
	1	5,6	» 5,6 » 16 » 8,3	» 16
	1,5	8,3	» 25	» 25
	2	12	» 12 » 36	» 36
	3	18	» 18 » 53	» 53
	4	24	» 24 » 71	» 71
	6	36	» 36 » 106	» 106
Св. 180 до 355	1,5	До 9,5	Св. 9,5 до 28 » 13 »	Св. 28
	2	13	38	» 38
	3	20	» 20 » 60	» 60
	4	26	» 26 » 80	» 80
	6	40	» 40 » 118	» 118

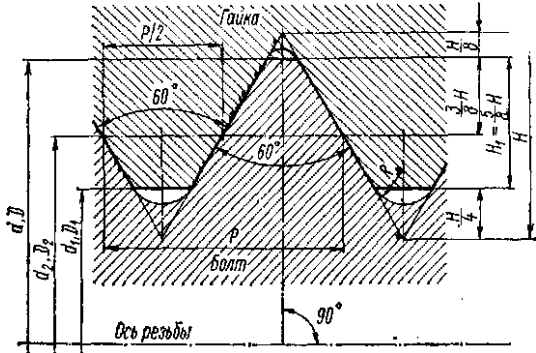
Таблица 22 — Поля допусков метрической резьбы с зазорами по ГОСТ 16093-81

Наружная резьба (болт)			
Классы точности	Длины свинчивания		
	S (короткие)	N (нормальные)	L (длинные)
	Поля допусков		
Точный	(3h4h)	4h, 4g	(5h4h)
Средний	5h6h, 5g6g	6h, 6g, 6f, 6e, 6d	(7h6h), 7g6g, (7e6e)
Грубый	—	8h, 8g	(9g8g)
Внутренняя резьба (гайка)			
Классы точности	Длины свинчивания		
	S (короткое)	N (нормальные)	L (длинные)
	Поля допусков		
Точный	4H	4H5H, 5H	6H
Средний	5H, (6G)	6H, 6G	7H, (7G)
Грубый	---	7H, 7G	8H, (8G)

Примечания:

1. Поля допусков, заключенные в рамки, рекомендуются для предпочтительного применения.
2. Поля допусков, указанных в скобках, применять не рекомендуется.
3. В обоснованных случаях разрешается применять поля допусков резьбы, образованные иными сочетаниями указанных в таблице полей допусков среднего и других (наружного — у наружной резьбы, внутреннего — у внутренней резьбы), диаметров; например, 4h6h, 8h6h, 5H6H.
4. Поля допусков, приведенные в таблице, являются ограничительным отбором из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различными сочетаниями степеней точности и основных отклонений. Поля допусков, не предусмотренные в данной таблице, являются специальными. Их применение допускается только в технически и экономически обоснованных случаях, если применение табличных полей допусков не может обеспечить требований, предъявляемых к изделиям.
5. При длинах свинчивания S и L допускается применять поля допусков, установленные для длин свинчивания N.

Таблица 23 — Размеры среднего и внутреннего диаметров метрических резьб, мм по ГОСТ 9150—81, ГОСТ 24705—81, ГОСТ 24706—81.

					
$H = 0.8660254P$; $H_1 = 0.5412659P$; $R = H/6 = 0.1443376P$					
Утолщенной линией показан номинальный профиль, общий для болта и гайки					
	Диаметры резьбы (болт и гайка)			Диаметры резьбы (болт и гайка)	
	Средний диаметр d_2, D_2	Внутренний диаметр D_1, d_1		Средний диаметр D_2, d_2	Внутренний диаметр d_1, D_1
0,075	$d - 1 + 0,951$	$d - 1 + 0,919$	0,7	$d - 1 + 0,545$	$d - 1 + 0,242$
0,08	$d - 1 + 0,948$	$d - 1 + 0,913$	0,75	$d - 1 + 0,513$	$d - 1 + 0,188$
0,09	$d - 1 + 0,942$	$d - 1 + 0,903$	0,8	$d - 1 + 0,480$	$d - 1 + 0,134$

Продолжение таблицы 23

	Диаметры резьбы (болт и гайка)			Диаметры резьбы (болт и гайка)	
	Средний диаметр d_2, D_2	Внутренний диаметр D_1, d_1		Средний диаметр D_2, d_2	Внутренний диаметр d_1, D_1
0,1	$d - 1 + 0,935$	$d - 1 + 0,892$	1	$d - 1 + 0,350$	$d - 2 + 0,917$
0,125	$d - 1 + 0,919$	$d - 1 + 0,865$	1,25	$d - 1 + 0,188$	$d - 2 + 0,647$
0,15	$d - 1 + 0,903$	$d - 1 + 0,838$	1,5	$d - 1 + 0,026$	$d - 2 + 0,376$
0,175	$d - 1 + 0,886$	$d - 1 + 0,811$	1,75	$d - 2 + 0,863$	$d - 2 + 0,106$
0,2	$d - 1 + 0,870$	$d - 1 + 0,783$	2	$d - 2 + 0,701$	$d - 3 + 0,835$
0,225	$d - 1 + 0,854$	$d - 1 + 0,756$	2,5	$d - 2 + 0,376$	$d - 3 + 0,294$
0,25	$d - 1 + 0,838$	$d - 1 + 0,729$	3	$d - 2 + 0,051$	$d - 4 + 0,752$
0,3	$d - 1 + 0,805$	$d - 1 + 0,675$	3,5	$d - 3 + 0,727$	$d - 4 + 0,111$
0,35	$d - 1 + 0,773$	$d - 1 + 0,621$	4	$d - 3 + 0,402$	$d - 5 + 0,670$
0,4	$d - 1 + 0,740$	$d - 1 + 0,567$	4,5	$d - 3 + 0,077$	$d - 5 + 0,129$
0,45	$d - 1 + 0,708$	$d - 1 + 0,513$	5	$d - 4 + 0,752$	$d - 6 + 0,587$
0,5	$d - 1 + 0,675$	$d - 1 + 0,459$	5,5	$d - 4 + 0,428$	$d - 6 + 0,046$
0,6	$d - 1 + 0,610$	$d - 1 + 0,350$	6	$d - 4 + 0,103$	$d - 7 + 0,505$
Пример расчета: Резьба М16, шаг = 2 мм, $d(D) = 16$ мм, $d_t(D_t) = 14,701$ мм, $d_1(D_1) = 13,835$ мм.					

Таблица 24 – Отклонения метрических резьб с зазорами для диапазонов 1-600 мм (по ГОСТ 16093-81)

Номи- нальный диаметр резьбы d, мм	Шаг резьбы Р, мм	Поля допусков наружной резьбы (болтов) с основным отклонением h							
		5h4h		5h6h		6h		7h6h	
		Отклонения, мкм							
		ei		ei		ei		ei	
		диаметров резьбы							
		d ₂	d	d ₂	d	d ₂	d	d ₂	d
Св. 5,6 до 11,2	0,25	-50	-42	-50	-67	-63	-67	-80	-67
	0,35	-56	-53	-56	-85	-71	-85	-90	-85
	0,5	-67	-67	-67	-106	-85	-106	-106	-106
	0,75	-80	-90	-80	-140	-100	-140	-125	-140
	1	-90	-112	-90	-180	-112	-180	-140	-180
	1,25	-95	-132	-95	-212	-118	-212	-150	-212
	1,5	-106	-150	-106	-236	-132	-236	-170	-236
Св. 11,2 до 22,4	0,35	-60	-53	-60	-85	-75	-85	-95	-85
	0,5	-71	-67	-71	-106	-90	-106	-112	-106
	0,75	-85	-90	-85	-140	-106	-140	-132	-140
	1	-95	-112	-95	-180	-118	-180	-150	-180
	1,25	-106	-132	-106	-212	-132	-212	-170	-212
	1,5	-112	-150	-112	-236	-140	-236	-180	-236
	1,75	-118	-170	-118	-265	-150	-265	-190	-265
	2	-125	-180	-125	-280	-160	-280	-200	-280
	2,5	-132	-212	-132	-335	-170	-335	-212	-335
Св. 22,4 до 45	0,5	-75	-67	-75	-106	-95	-106	-118	-106
	0,75	-90	-90	-90	-140	-112	-140	-140	-140
	1	-100	-112	-100	-180	-125	-180	-160	-180
	1,5	-118	-150	-118	-236	-150	-236	-190	-236
	2	-132	-180	-132	-280	-170	-280	-212	-280
	3	-160	-236	-160	-375	-200	-375	-250	-375
	3,5	-170	-265	-170	-425	-212	-425	-265	-425
	4	-180	-300	-180	-475	-224	-475	-280	-475
	4,5	-190	-315	-190	-500	-236	-500	-300	-500
Св. 45 до 90	0,5	-80	-67	-80	-106	-100	-106	-125	-106
	0,75	-95	-90	-95	-140	-118	-140	-150	-140
	1	-112	-112	-112	-180	-140	-180	-180	-180
	1,5	-125	-150	-125	-236	-160	-236	-200	-236
	2	-140	-180	-140	-280	-180	-280	-224	-280
	3	-170	-236	-170	-375	-212	-375	-265	-375
	4	-190	-300	-190	-475	-236	-475	-300	-475
	5	-200	-335	-200	-530	-250	-530	-315	-530
	5,5	-212	-355	-212	-560	-265	-560	-335	-560
6	-224	-375	-224	-600	-280	-600	-355	-600	

Поля допусков наружной резьбы (болтов) с основным отклонением g									
Номи- нальный диаметр резьбы d, мм	Шаг резьбы Р, мм	5g6g			6g				
		Отклонения, мкм							
		es		ei		es		ei	
		диаметров резьбы							
		d,d ₂ ,d ₁		d ₂	d	d,d ₂ ,d ₁		d ₂	d
Св. 5,6 до 11,2	0,25	-18	-68	-85	-18	-81	-85		
	0,35	-19	-75	-104	-19	-90	-104		
	0,5	-20	-87	-126	-20	-105	-126		
	0,75	-22	-102	-162	-22	-122	-162		
	1	-26	-116	-206	-26	-138	-206		
	1,25	-28	-123	-240	-28	-146	-240		
	1,5	-32	-138	-268	-32	-164	-208		
Св. 11,2 до 22,4	0,35	-19	-79	-104	-19	-94	-104		
	0,5	-20	-91	-126	-20	-110	-126		
	0,75	-22	-107	-162	-22	-128	-162		
	1	-26	-121	-206	-26	-144	-206		
	1,25	-28	-134	-240	-28	-160	-240		
	1,5	-32	-144	-268	-32	-172	-268		
	1,75	-34	-152	-299	-34	-184	-299		
	2	-38	-163	-318	-38	-198	-318		
	2,5	-42	-174	-377	-42	-212	-377		
Св. 22,4 до 45	0,5	-20	-95	-126	-20	-115	-126		
	0,75	-22	-112	-162	-22	-134	-162		
	1	-26	-126	-206	-26	-151	-206		
	1,5	-32	-150	-268	-32	-182	-268		
	2	-38	-170	-318	-38	-208	-318		
	3	-48	-208	-423	-48	-248	-423		
	3,5	-53	-223	-478	-53	-265	-478		
	4	-60	-240	-535	-60	-284	-535		
	4,5	-63	-253	-563	-63	-299	-563		
Св. 45 до 90	0,5	-20	-100	-126	-20	-120	-126		
	0,75	-22	-117	-162	-22	-140	-162		
	1	-26	-138	-206	-26	-166	-206		
	1,5	-32	-157	-268	-32	-192	-268		
	2	-38	-178	-318	-38	-218	-318		
	3	-48	-218	-423	-48	-260	-423		
	4	-60	-250	-535	-60	-296	-535		
	5	-71	-271	-601	-71	-321	-601		
	5,5	-75	-287	-635	-75	-340	-635		
	6	-80	-304	-680	-80	-360	-680		

Продолжение таблицы 24

Номи- нальный диаметр резьбы d, мм	Шаг резьбы Р, мм	Поля допусков наружной резьбы (болтов) с основным отклонением g		
		7g6g		
		Отклонения, мкм		
		<i>es</i>	<i>ei</i>	
		диаметров резьбы		
		d,d ₂ ,d ₁	d ₂	d
Св. 5,6 до 11,2	0,25	(-18)	(-98)	(-85)
	0,35	-19	-109	-104
	0,5	-20	-126	-126
	0,75	-22	-147	-162
	1	-26	-166	-206
	1,25	-28	-178	-240
	1,5	-32	-202	-268
Св. 11,2 до 22,4	0,35	-19	-114	-104
	0,5	-20	-132	-126
	0,75	-22	-154	-162
	1	-26	-176	-206
	1,25	-28	-198	-240
	1,5	-32	-212	-268
	1,75	-34	-224	-299
	2	-38	-238	-318
	2,5	-42	-254	-377
Св. 22,4 до 45	0,5	-20	-138	-126
	0,75	-22	-162	-162
	1	-26	-186	-206
	1,5	-32	-222	-268
	2	-38	-250	-318
	3	-48	-298	-423
	3,5	-53	-318	-478
	4	-60	-340	-535
	4,5	-63	-363	-563
Св. 45 до 90	0,5	-20	-145	-126
	0,75	-22	-172	-162
	1	-26	-206	-206
	1,5	-32	-232	-268
	2	-38	-262	-318
	3	-48	-313	-423
	4	-60	-360	-535
	5	-71	-386	-601
	5,5	-75	-410	-635
	6	-80	-435	-680

Продолжение таблицы 24

Номи- нальный диаметр резьбы D, мм	Шаг резь- бы P, мм	Поля допусков внутренней резьбы (гаек) с основным отклонением H							
		4H5H		5H		6H		7H	
		Отклонения, мкм							
		ES		ES		ES		ES	
		диаметров резьбы							
		D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁
Св. 5,6 до 11,2	0,25	+53	+56	+67	+56	+85	+71	—	—
	0,35	+60	+80	+75	+80	+95	+100	—	—
	0,5	+71	+112	+90	+112	+112	+140	+140	+180
	0,75	+85	+150	+106	+150	+132	+190	+170	+236
	1	+95	+190	+118	+190	+150	+236	+190	+300
	1,25	+100	+212	+125	+212	+160	+265	+200	+335
	1,5	+112	+236	+140	+236	+180	+300	+224	+375
Св. 11,2 до 22,4	0,35	+63	+80	+80	+80	+100	+100	—	—
	0,5	+75	+112	+95	+112	+118	+140	+150	+180
	0,75	+90	+150	+112	+150	+140	+190	+180	+236
	1	+100	+190	+125	+190	+160	+236	+200	+300
	1,25	+112	+212	+140	+212	+180	+265	+224	+335
	1,5	+118	+236	+150	+236	+190	+300	+236	+375
	1,75	+125	+265	+160	+265	+200	+335	+250	+425
	2	+132	+300	+170	+300	+212	+375	+265	+475
	2,5	+140	+355	+180	+355	+224	+450	+280	+560
Св. 22,4 до 45	0,5	+80	+112	+100	+112	+125	+140	—	—
	0,75	+95	+150	+118	+150	+150	+190	+190	+236
	1	+106	+190	+132	+190	+170	+236	+212	+300
	1,5	+125	+236	+160	+236	+200	+300	+250	+375
	2	+140	+300	+180	+300	+224	+375	+280	+475
	3	+170	+400	+212	+400	+265	+500	+335	+630
	3,5	+180	+450	+224	+450	+280	+560	+355	+710
	4	+190	+475	+236	+475	+300	+600	+375	+750
	4,5	+200	+530	+250	+530	+315	+670	+400	+850
Св. 45 до 90	0,5	+85	+112	+106	+112	+132	+140	—	—
	0,75	+100	+150	+125	+150	+160	+190	—	—
	1	+118	+190	+150	+190	+190	+236	+236	+300
	1,5	+132	+236	+170	+236	+212	+300	+265	+375
	2	+150	+300	+190	+300	+236	+375	+300	+475
	3	+180	+400	+224	+400	+280	+500	+355	+630
	4	+200	+475	+250	+475	+315	+600	+400	+750
	5	+212	+560	+265	+560	+335	+710	+425	+900
	5,5	+224	+600	+280	+600	+355	+750	+450	+950
6	+236	+630	+300	+630	+375	+800	+475	+1000	

Продолжение таблицы 24

Номи- нальный диаметр резьбы d, мм	Шаг резь бы Р, мм	Поля допусков наружной резьбы (болтов) с основным отклонением G					
		6G			7G		
		Отклонения, мкм					
		EI	ES		EI	ES	
		диаметров резьбы					
		D, D ₂ , D ₁	D ₂	D ₁	D, D ₂ , D ₁	D ₂	D ₁
Св. 5,6 до 11,2	0,25	+18	+103	+89	—	—	—
	0,35	+19	+114	+119	—	—	—
	0,5	+20	+132	+160	+20	+160	+200
	0,75	+22	+154	+212	+22	+192	+258
	1	+26	+176	+262	+26	+216	+326
	1,25	+28	+188	+293	+28	+228	+363
	1,5	+32	+212	+332	+32	+256	+407
Св. 11,2 до 22,4	0,35	+19	+119	+119	—	—	—
	0,5	+20	+138	+160	+20	+170	+200
	0,75	+22	+162	+212	+22	+202	+258
	1	+26	+186	+262	+26	+226	+326
	1,25	+28	+208	+293	+28	+252	+363
	1,5	+32	+222	+332	+32	+268	+407
	1,75	+34	+234	+369	+34	+284	+459
	2	+38	+250	+413	+38	+303	+513
	2,5	+42	+266	+492	+42	+322	+602
Св. 22,4 до 45	0,5	+20	+145	+160	—	—	—
	0,75	+22	+172	+212	+22	+212	+258
	1	+26	+196	+262	+26	+238	+326
	1,5	+32	+232	+332	+32	+282	+407
	2	+38	+262	+413	+38	+318	+513
	3	+48	+313	+548	+48	+383	+678
	3,5	+53	+333	+613	+53	+408	+763
	4	+60	+360	+660	+60	+435	+810
	4,5	+63	+378	+733	+63	+463	+913
Св. 45 до 90	0,5	+20	+152	+160	—	—	—
	0,75	+22	+182	+212	—	—	—
	1	+26	+216	+262	+26	+262	+326
	1,5	+32	+244	+332	+32	+297	+407
	2	+38	+274	+413	+38	+338	+513
	3	+48	+328	+548	+48	+403	+678
	4	+60	+375	+660	+60	+460	+810
	5	+71	+406	+781	+71	+496	+971
	5,5	+75	+430	+825	+75	+525	+1025
	6	+80	+455	+880	+80	+555	+1080

Ниже на рис. 5 представлены схемы расположения полей допусков резьбового соединения, а так же наружной и внутренней резьбы по всем трем диаметрам

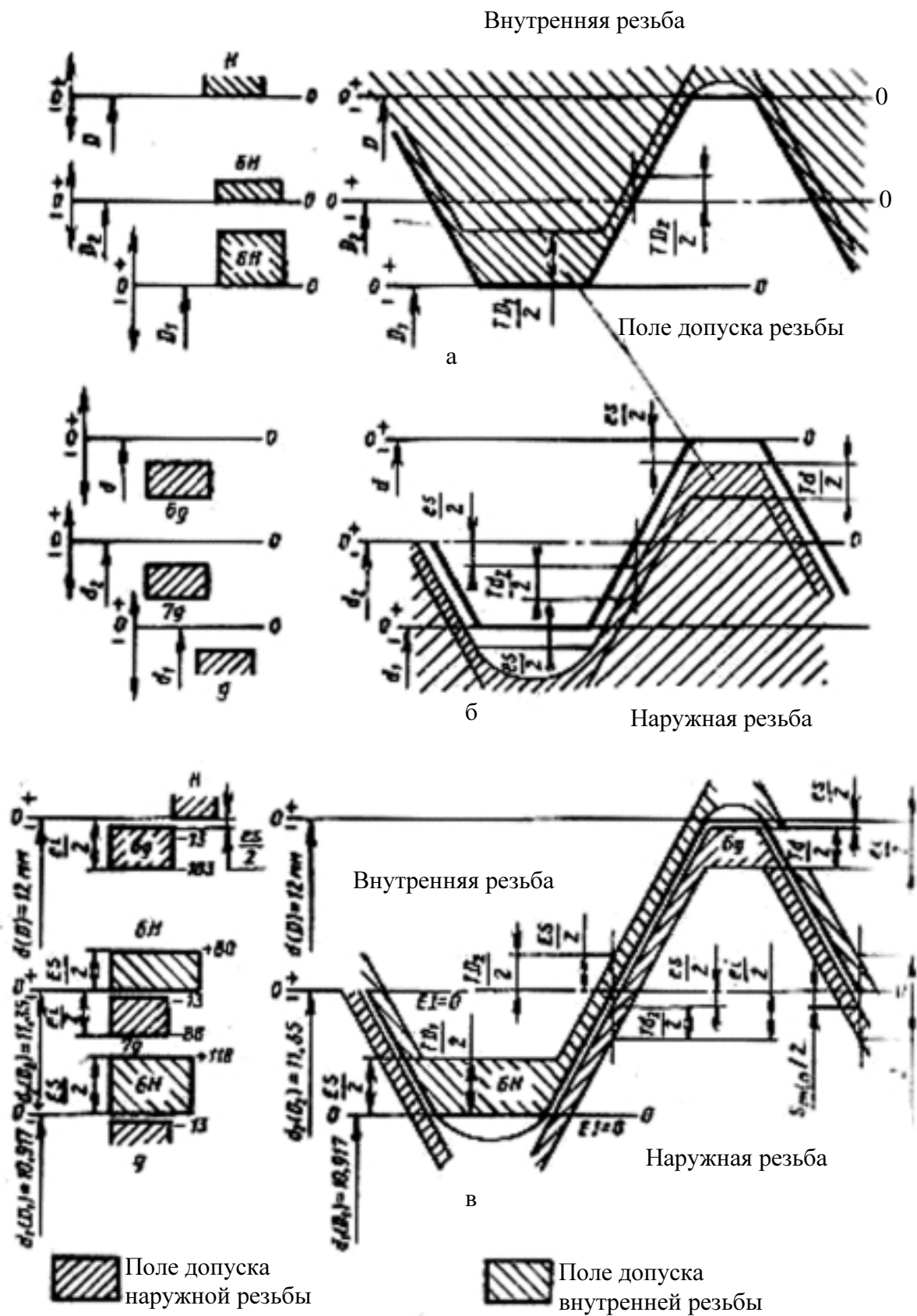


Рисунок 5 — Схемы расположения полей допусков внутренней резьбы (а), наружной резьбы (б) и соединения (в)

В условном обозначении метрических резьб (без указания точности) непосредственно после прописной буквы *M* проставляют номинальный диаметр резьбы, через знак умножения числовое значение шага (только для резьб с мелким шагом), буквы *LH* для резьб с левой резьбой. Например: *M20*; *M20*×1,5; *M20*×1,5*LH*. В случаях многозаходных резьб после знака умножения указывают числовое значение хода, за ним в скобках букву *P* и числовое значение шага (все в миллиметрах), например: *M24*×3(*P1*)*LH*.

Сочетанием основного отклонения и допуска, определяемого степенью точности, образуют поле допуска диаметра резьбы. Обозначение этого поля состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например *6h*; *6H*; *6g* и т. д. Обозначение поля допуска резьбы в целом состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска наружного диаметра (*d*) для наружной резьбы и внутреннего (*D₁*) – для внутренней резьбы, например, *7H6h*, *5H6H*; *7g6g* и т. п. Если степени точности и основные отклонения по обоим диаметрам резьбы одинаковы, то они в обозначении поля допуска не повторяются, например, *6h*; *5H*; *6H* и т. д. Обозначение поля допуска резьбы ставят после обозначения ее размера, например наружная резьба с крупным шагом *M12-6g*, с мелким шагом *M12*×1-*6g*; внутренняя резьба с крупным шагом *M12-6H*, с мелким шагом *M12*×1-*6H* и т. п.

Посадки резьбовых деталей обозначают дробью; в числителе последней указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы, а в знаменателе – обозначение поля допуска наружной резьбы. Например *M12-6H/6g*, *M12*×1-*6H/6g* и т. п.

При необходимости длину свинчивания указывают в обозначении резьбы в следующих случаях: 1) если она относится к группе *L*; 2) если она относится к группе *S*, но меньше, чем вся длина резьбы; например *M12-7g6g-30*.

8 ОБОЗНАЧЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПОСАДОК КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Правила нанесения размеров, их предельных отклонений, допусков формы конусов и посадок конических соединений устанавливает ГОСТ 2.320-82.

Предельные отклонения размеров конусов следует наносить в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-68 и ГОСТ 2.320-82. Предельные отклонения угла конуса, если конус задан конусностью, наносят непосредственно под обозначением конусности или числовыми значениями A_{Td} (рис. 6, а) или условными обозначениями (рис. 6, б), или условными обозначениями с указаниями в скобках числовых обозначений соответствующих предельных отклонений (рис. 6, в).

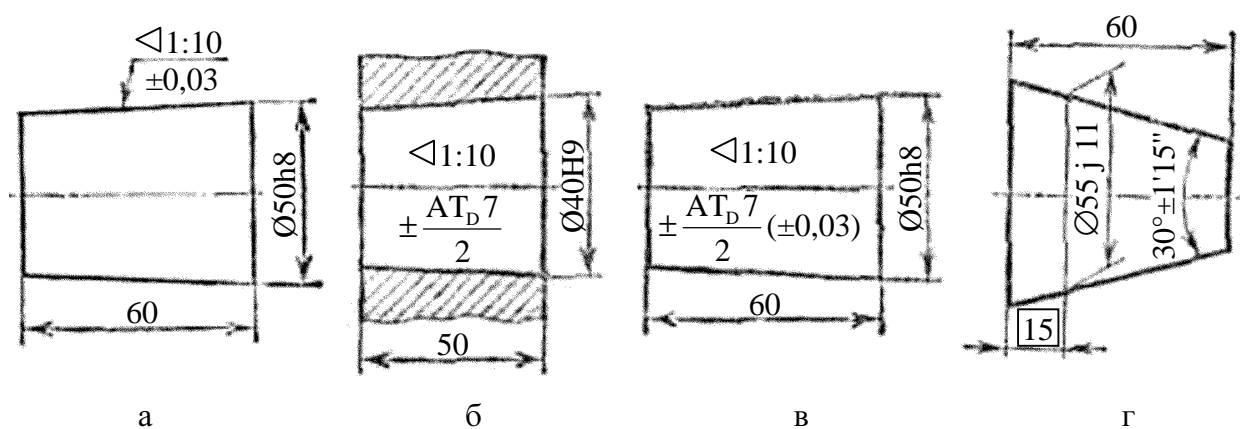


Рисунок 6 — Варианты указания предельных отклонений

Предельные отклонения угла конуса, если конус задан углом, указывают числовыми значениями A_{Td}^{\prime} непосредственно после номинального размера (рис. 6, г).

Допуски формы конуса (допуск круглости и допуск прямолинейности образующей) следует наносить в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308-79 (рис. 7, а).

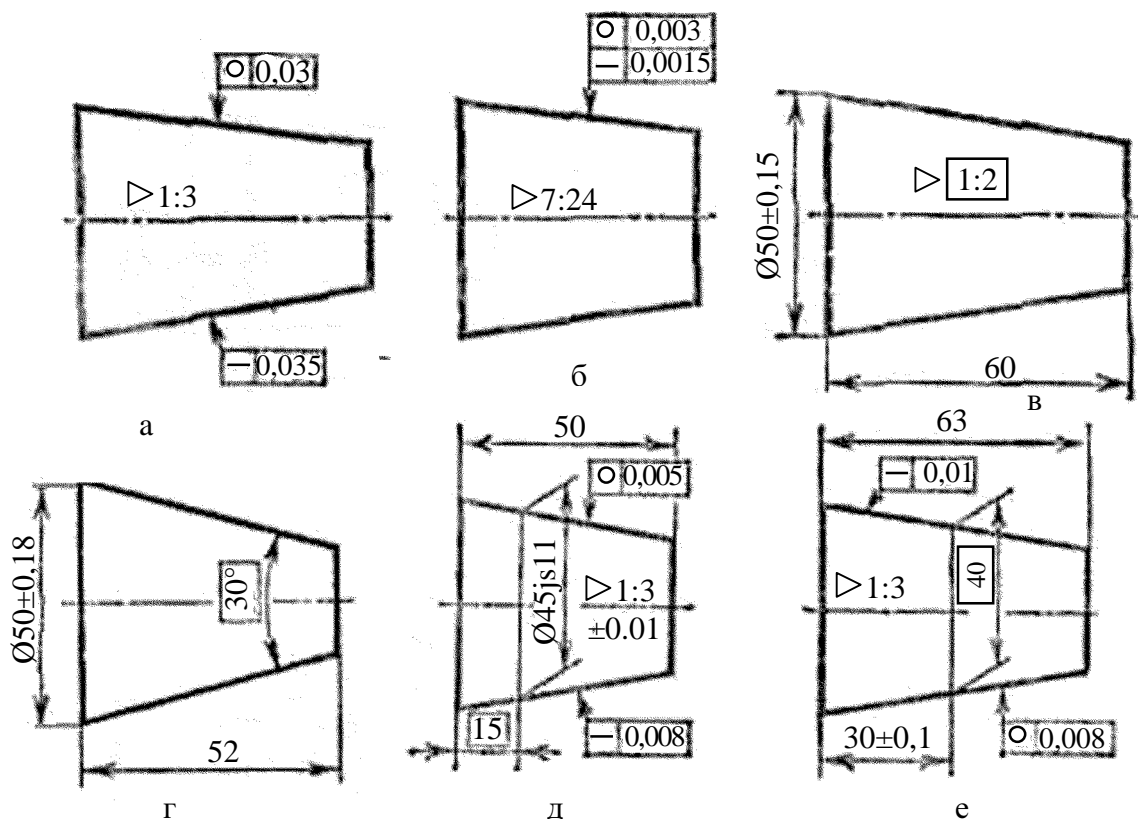


Рисунок 7 — Варианты указания допусков формы конуса

При указании допуска прямолинейности образующей на конусах с конусностью не более 1:3 допускается соединительную линию от рамки проводить перпендикулярно оси конуса (рис. 7, б).

Если задан допуск T_D диаметра конуса в любом сечении, то значение конусности или угла конуса следует включать в прямоугольную рамку (рис. 7, в, г).

Если задан допуск T_D диаметра конуса в заданном сечении, то значение расстояния от базовой плоскости до основной (плоскость поперечного сечения конуса, в которой задается номинальный диаметр конуса) заключают в прямоугольную рамку (рис. 7, д).

При указании предельных отклонений размера, определяющего осевое положение основной плоскости конуса, значение номинального диаметра следует заключить в прямоугольную рамку (рис. 7, е).

Нанесение размеров и посадок на чертежах конических соединений зависит от метода фиксации.

При посадке с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов сопрягаемых конусов размеры, определяющие характер соединения, на сборочном чертеже могут быть указаны только как справочные (рис. 8, а).

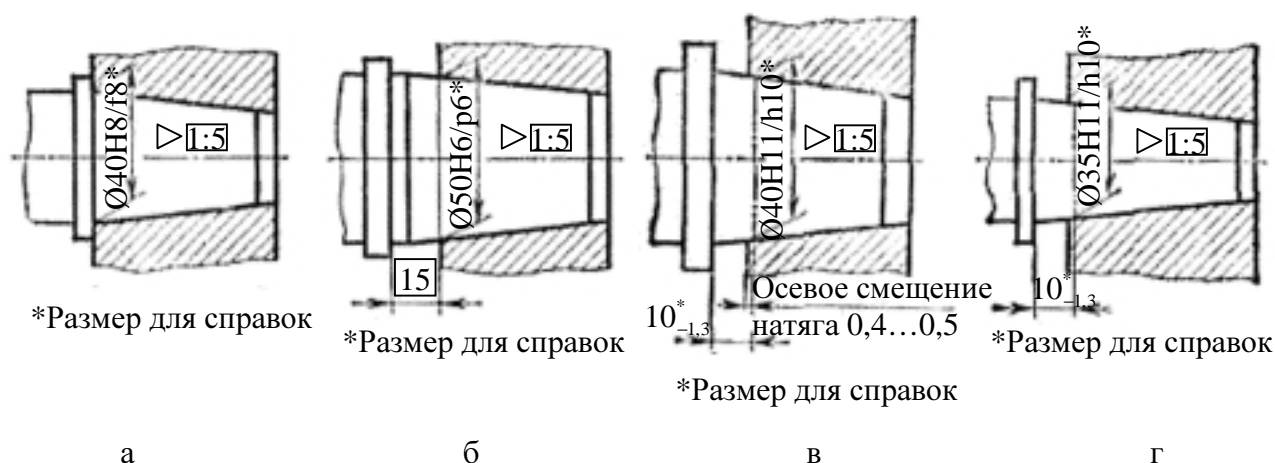


Рисунок 8 — Варианты обозначения размеров и посадок на чертежах конических соединений

При посадке с фиксацией по заданному осевому расстоянию между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов должен быть нанесен размер, определяющий расстояние между базовыми плоскостями, заключенный в прямоугольную рамку, а размер, определяющий характер соединения, может быть указан как справочный (рис. 8, б).

При посадке с фиксацией по заданному осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения должен быть указан размер осевого смещения, а начальное положение конусов отмечается штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками. Размеры, определяющие начальное базорасстояние соединения и сочетание полей допусков сопрягаемых конусов, могут быть указаны как справочные (рис. 8, в).

При посадке с фиксацией по заданному усилию запрессовки, прилагаемому в начальном положении сопрягаемых конусов, заданное усилие запрессовки следует указывать в технических требованиях чертежа, например: «Усилие запрессовки $F_s = ...H$ ». Размеры, определяющие начальное базорасстояние соединения и сочетание полей допусков сопрягаемых конусов, могут быть указаны как справочные (рис. 8, г).

9 ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПРИЗМАТИЧЕСКИМИ ШПОНКАМИ

Номинальные размеры шпонки и пазов на валу и во втулке определяют из табл. 25, поля допусков элементов шпоночного соединения — по табл. 26, а поля допусков размеров h , l , t_1 или $(d - t_1)$ и t_2 или $(d + t_2)$ — по табл. 27.

Таблица 25 — Основные размеры соединений с призматическими шпонками, мм (по ГОСТ 23360-78)

Диаметр вала d	Номинальные размеры шпонки					Номинальные размеры паза			
	$b \cdot h$	Фаска S		Интервалы длин t		Глубина		Радиус за- кругления или фаска $s_1 \cdot 45^\circ$	
		max	min	от	до	На валу t_1	Во втулке t_2	max	min
От 6 до 8	2X2			6	20	1,2	1,0		
Св. 8 » 10	3X3	0,25	0,16	6	36	1,8	1,4	0,16	0,08
» 10 » 12	4X4			8	45	2,5	1,8		
Св. 12 до 17	5X5			10	56	3,0	2,3		
» 17 » 22	6X6	0,40	0,25	14	70	3,5	2,8	0,25	0,16
» 22 » 30	8X7			18	90	4,0	3,3		

Продолжение таблицы 25

Диаметр вала d	Номинальные размеры шпонки					Номинальные размеры паза			
	b·h	Фаска S		Интервалы длин t		Глубина		Радиус за- кругления или фаска s ₁ ·45°	
		max	min	от	до	На валу t ₁	Во втулке t ₂	max	min
Св. 30 до 38 »	10X8	0,60	0,40	22	110	5,0	3,3	0,4	0,25
38 » 44	12X8			28	140	5,0	3,3		
» 44 » 50	14X9			36	160	5,5	3,8		
» 50 » 58	16X10			45	180	6,0	4,3		
» 58 » 65	18X11			50	200	7,0	4,4		
Св. 65 до 75	20X12	0,80	0,60	56	220	7,5	4,9	0,6	0,4
» 75 » 85	22X14			63	250	9,0	5,4		
» 85 » 95	25X14			70	280	9,0	5,4		
» 95 » 110	28X16			80	320	10,0	6,4		
» 110 » 130	32X18			90	360	11,0	7,4		
Св. 130 до 150	36X20	1,20	1,00	100	400	12,0	8,4	1,0	0,7
» 150 » 170	40X22			100	400	13,0	9,4		
» 170 » 200	45X25			110	450	15,0	10,4		
» 200 » 230	50X28			125	500	17,0	11,4		
Св. 230 до 260	56x32	2,00	1,60	140	500	20,0	12,4	1,6	1,2
» 260 » 290	63X32			160		20,0	12,4		
» 290 » 330	70X36			180		22,0	14,4		
Св. 330 до 380	80X40	3,00	2,50	200	500	25,0	15,4	2,5	2,0
» 380 » 440	90X45			220		28,0	17,4		
» 440 » 500	100X50			250		31,0	19,5		

Таблица 26 — Поля допусков размеров по ширине b шпоночных соединений с призматическими шпонками (по ГОСТ 26360 — 78) и ориентировочное назначение посадок

Элемент соединения	Поля допусков размера <i>b</i> при соединении						
	любом	свободном		нормальном		плотном	
		на валу	во втулке	на валу	во втулке	на валу	во втулке
Шпонка	h9	-	-	-	-	-	
Паз	-	H9	D10	N9	J _s 9	P9	
Для ширины пазов вала и втулки допускаются любые сочетания указанных выше полей допусков (посадка шпонки в пазу вала должна быть плотнее, чем в пазу втулки), например:							
Ширина шпонки	h9		h9		h9		
Ширина паза на валу	P9		N9		H9; N9		
Ширина паза во втулке	J _s 9		D10; J _s 9		D10		
Назначение посадок	Для единичного и серийного производ- ства		Для серийного и массового производ- ства		Для направляющих шпонок		

Схема возможных вариантов посадок показана на рис.9.

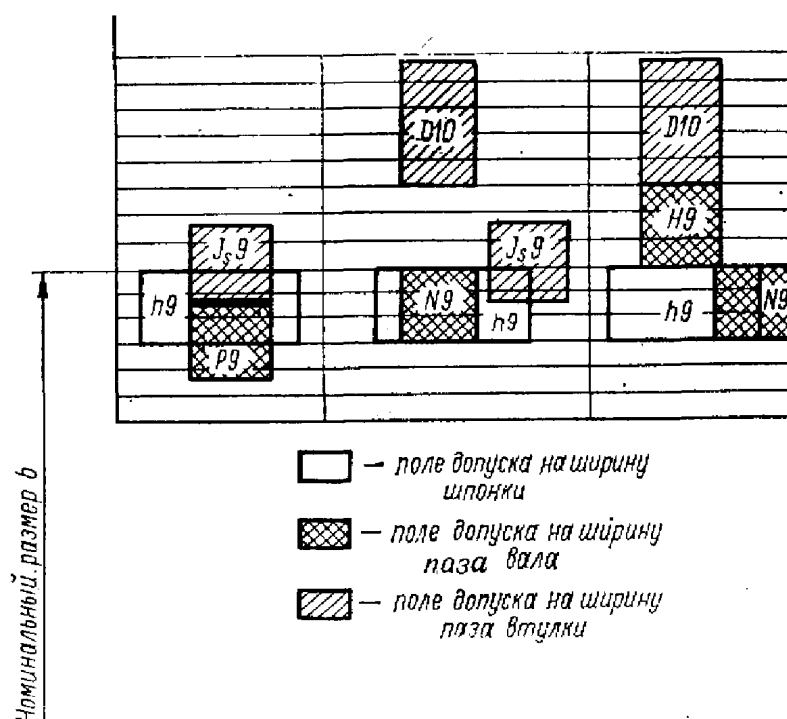


Рисунок 9 — Схема посадок в шпоночных соединениях

Таблица 27 — Предельные отклонения несопрягаемых размеров соединений с призматическими шпонками (по ГОСТ 23360-78)

Элемент соединения	Предельные отклонения размеров				
	Высота h	Длина l	Глубина на валу t_1 и на втулке t_2 или про- ставляемые на чертеже размеры $(d-t_1)^*$ на ва- лу и на втулке $(d+t_2)$		
			При h , мм		
			От 2 до 6	Св. 6 до 18	Св. 18 до 50
Шпонка	$h11, h9^{**}$	$h14$	—	—	—
Паз	—	$H15$	$+0,1$ 0	$+0,2$ 0	$+0,3$ 0
* Для указанного размера те же предельные отклонения назначаются со знаком минус					
** При $h=2-6$ мм.					

При необходимости предельные отклонения элементов шпоночного соединения по ширине шпонки можно определить по табл. 28.

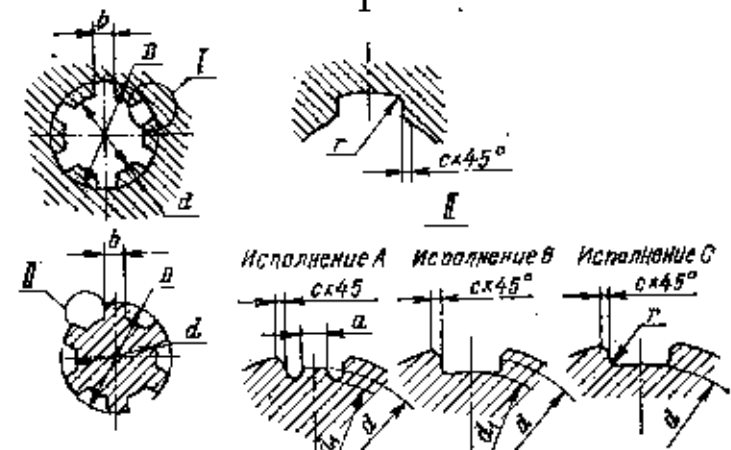
Таблица 28 — Предельные отклонения размеров шпонок и пазов по ширине шпоночных соединений (ГОСТ 25347-82)

Номинальная ширина шпонки и паза, мм	Поля допусков					
	На шпонке h9	На валу		На втулке		На валу и втулке P9
		H9	N9	D10	Js9	
	Предельные отклонения, мм					
От 1 до 3	0	+25	-4	+60	+12	-6
	-25	0	-29	+20	-12	-31
Св. 3 до 6	0	+30	-30	+78	+15	-12
	-30	0		+30	-15	-42
Св. 6 до 10	0	+36	-36	+98	+18	-15
	-36	0		+40	-18	-51
Св. 10 до 18	0	+43	-43	+120	+21	-18
	-43	0		+50	-21	-61
Св. 18 до 30	0	+52	-52	+149	+26	-22
	-52	0		+65	-26	-74
Св. 30 до 50	0	+62	-62	+180	+31	-26
	-62	0		+80	-31	-88
Св. 50 до 80	0	+74	-74	+220	+37	-32
	-74	0		+100	-37	-124
Св. 80 до 120	0	+87	-87	+260	+43	-37
	-87	0		+120	-43	-124

10 НАЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Номинальные размеры шлицевого соединения с диаметром до 125 мм устанавливают по табл. 29, а диаметром 125-300 мм — по табл. 30.

Таблица 29 — Размеры прямоугольных шлицевых соединений, мм (по ГОСТ 1139–80)

						
z x d x D	b	d ₁	a	c		г, не более
		не менее		номиналь- ный раз- мер	предель- ное откло- нение	
Легкая серия						
6x23x26	6	22,1	3,54	0,3	+ 0,2	0,2
6x26x30	6	24,6	3,85	0,3	+ 0,2	0,2
6x28x32	7	26,7	4,03	0,3	+ 0,2	0,2
8x32x36	6	30,4	2,71	0,4	+ 0,2	0,3
8x36x40	7	34,5	3,46	0,4	+ 0,2	0,3
8x42x46	8	40,4	5,03	0,4	+ 0,2	0,3
8x46x50	9	44,6	5,75	0,4	+ 0,2	0,3
8x52x58	10	49,7	4,89	0,5	+ 0,3	0,5
8x56x62	10	53,6	6,38	0,5	+ 0,3	0,5
8x62x68	12	59,8	7,31	0,5	+ 0,3	0,5
10x72x78	12	69,6	5,45	0,5	+ 0,3	0,5
10x82x88	12	79,3	8,62	0,5	+ 0,3	0,5
10x92x98	14	89,4	10,08	0,5	+ 0,3	0,5
10x102x108	16	99,9	11,49	0,5	+ 0,3	0,5
10x112x118	18	108,8	10,72	0,5	+ 0,3	0,5
Средняя серия						
6x11x14	3,0	9,9	—	0,3	+ 0,2	0,2
6x13x16	3,5	12,0	—	0,3	+ 0,2	0,2
6x16x20	4,0	14,5	—	0,3	+ 0,2	0,2
6x18x22	5,0	16,7	—	0,3	+ 0,2	0,2
6x21x25	5,0	19,5	1,95	0,3	+ 0,2	0,2
6x23x28	6,0	21,3	1,34	0,3	+ 0,2	0,2
6x26x32	6,0	23,4	1,65	0,4	+ 0,2	0,3
6x28x34	7,0	25,9	1,70	0,4	+ 0,2	0,3
8x32x38	6,0	29,4	—	0,4	+ 0,2	0,3

Продолжение таблицы 29

z x d x D	b	d ₁	a	c		r, не более
		не менее		номиналь- ный раз- мер	предель- ное откло- нение	
8x36x42	7,0	33,5	1,02	0,4	+ 0,2	0,3
8x42x48	8,0	39,5	2,57	0,4	+ 0,2	0,3
8x46x54	9,0	42,7	—	0,5	+ 0,3	0,5
8x52x60	10,0	48,7	2,44	0,5	+ 0,3	0,5
8x56x65	10,0	52,2	2,50	0,5	+ 0,3	0,5
8x62x72	12,0	57,8	2,40	0,5	+ 0,3	0,5
10x72x82	12,0	67,4	—	0,5	+ 0,3	0,5
10x82x92	12,0	77,1	3,00	0,5	+ 0,3	0,5
10x92x102	14,0	87,3	4,50	0,5	+ 0,3	0,5
10x102x112	16,0	97,7	6,30	0,5	+ 0,3	0,5
10x112x125	18,0	106,3	4,40	0,5	+ 0,3	0,5
Тяжелая серия						
10x16x20	2,5	14,1		0,3	+ 0,2	0,2
10x18x23	3,0	15,6		0,3	+ 0,2	0,2
10x21x26	3,0	18,5		0,3	+ 0,2	0,2
10x23x29	4,0	20,3		0,3	+ 0,2	0,2
10x26x32	4,0	23,0		0,4	+ 0,2	0,2
10x28x35	4,0	24,4		0,4	+ 0,2	0,2
10x32x40	5,0	28,0		0,4	+ 0,2	0,2
10x36x45	5,0	31,3		0,4	+ 0,2	0,2
10x42x52	6,0	36,9		0,4	+ 0,2	0,2
10x46x56	7,0	40,9		0,5	+ 0,3	0,5
16x52x60	5,0	47,0		0,5	+ 0,3	0,5
16x56x65	5,0	50,6		0,5	+ 0,3	0,5
16x62x72	6,0	56,1		0,5	+ 0,3	0,5
16x72x82	7,0	65,9		0,5	+ 0,3	0,5
20x82x92	6,0	75,6		0,5	+ 0,3	0,5
20x92x102	7,0	85,5		0,5	+ 0,3	0,5
20x102x115	8,0	94,0		0,5	+ 0,3	0,5
20x112x125	9,0	104,0		0,5	+ 0,3	0,5
Примечание: 1. Боковые стороны зубьев вала должны быть параллельны оси симметрии зуба до пересечения с окружностью диаметра d. 2. Фаска у пазов отверстия втулки может быть заменена закруглением, радиус которого должен быть равен f. 3. Размер a в соединениях легкой и средней серий дан для валов исполнения А тяжелой серии методом обкатывания. 4. Валы исполнения А тяжелой серии, как правило, методом обкатывания не изготавливаются. 5. При центрировании по внутреннему диаметру валы изготавливаются в исполнении А и С, при центрировании по наружному диаметру и боковым сторонам – в исполнении В. 6. Размеры, приведенные в таблице, не распространяются на специальные шлицевые соединения.						

Таблица 30 — Размеры прямобоочных шлицевых соединений диаметром 125-300 мм (ОСТ 2 Н24-7-82)

z x d x D	b	d ₁	a	c		r, не более
		Не менее		Номинальн. размер	Предельн. откл.	
10 x 125 x 140	20	119,2	8,0	0,8	+0,4	0,8
10 x 145 x 160	22	139,8	11,7			
10 x 160 x 180	24	151,7	10,7	1,0	+0,5	1,0
10 x 180 x 200	30	172,7	11,8			
10 x 200 x 220		192,4	16,9			
10 x 220 x 240	35	213,6	18,3			
10 x 240 x 260		232,7	23,4			
10 x 260 x 280	25	250,6	8,6	1,2		1,2
10 x 280 x 300	30	271,4	8,5			

После назначения метода центрирования (по D , по d или по b) назначают посадки по всем трем параметрам из числа рекомендуемых ГОСТ 1139-80 (табл. 31-34).

Таблица 31 — Рекомендуемые поля допусков и посадки для размеров D и b при центрировании по D (ГОСТ 1139-80)

Поля допусков		Посадки
втулки	вала	
Для размера D		
H7	f7; g8; h7; js6; n6	$\boxed{\frac{H7}{f7}}$; $\frac{H7}{g6}$; $\frac{H7}{h7}$; $\boxed{\frac{H7}{js6}}$; $\frac{H7}{n6}$
H8	e8	$\frac{H8}{e8}$
Для размера b		
F8	d9; e8; f7; f8; h8; h9; js7	$\left(\frac{F8}{d9}\right)$; $\frac{F8}{e8}$; $\boxed{\frac{F8}{f7}}$; $\boxed{\frac{F8}{f8}}$; $\frac{F8}{h8}$; $\frac{F8}{h9}$; $\boxed{\frac{F8}{js7}}$
D9	d9; e8; f7; h8; h9; js7	$\left(\frac{D9}{d9}\right)$; $\frac{D9}{e8}$; $\frac{D9}{f7}$; $\frac{D9}{h8}$; $\frac{D9}{h9}$; $\frac{D9}{js7}$

Примечание:

1. Кроме указанных посадок, допускаются и другие (см. ГОСТ 25346-82).
2. Сочетание посадок по размерам D и b стандартом не регламентировано (устанавливается конструктором).
3. Посадки, заключенные в рамку, являются предпочтительными; посадки, указанные в скобках, по возможности не применять.
4. Допуски и основные отклонения размеров по ГОСТ 25346-82 (см. раздел 2)
5. Отклонение нецентрирующих диаметров см. табл. 34.
6. Поле допуска h9 применяется при чистовом фрезеровании незакаленных шлицевых валов. При повышенных требованиях к точности допускается применение соседнего, более точного, качества.

Таблица 32 — Рекомендуемые поля допусков и посадки для размеров *d* и *b* при центрировании по *d* (по ГОСТ 1139–80)

Поля допусков		Посадки
втулки	вала	
Для размера d		
H7	f7; g6; h7; js6; js7; n6	<div>$\frac{H7}{f7}$</div> ; <div>$\frac{H7}{g6}$</div> ; $\frac{H7}{h7}$; $\frac{H7}{js6}$; $\frac{H7}{js7}$; $\frac{H7}{n6}$
H8	e8	$\frac{H8}{e8}$
Для размера в		
F8	f7; f8; h7; js7; k7	$\frac{F8}{f7}$; $\frac{F8}{f8}$; $\frac{F8}{h7}$; $\frac{F8}{js7}$; $\frac{F8}{k7}$
H8	h7; h8; js7	$\frac{H8}{h7}$; $\frac{H8}{h8}$; $\frac{H8}{js7}$
D9	e8; f8; e9; h9; k7	$\frac{D9}{e8}$; $\frac{D9}{f8}$; $\frac{D9}{e9}$; <div>$\frac{D9}{h9}$; $\frac{D9}{k7}$</div>
F10	e8; f8; h7; e9; h9; js7; k7	$\frac{F10}{e8}$; $\frac{F10}{f8}$; $\frac{F10}{h7}$; $\frac{F10}{e9}$; $\frac{F10}{h9}$; <div>$\frac{F10}{js7}$</div> ; $\frac{F10}{k7}$

Примечания:

1. См. Примечания к табл. 31 (кроме п. 2).
2. Сочетание посадок по размерам *d* и *b* стандартом не регламентировано (устанавливается конструктором).
3. Поле F10 рекомендуется только для закаленных нешлифованных втулок.

Таблица 33 — Рекомендуемые поля допусков и посадки для размеров *b* при центрировании по *b* (по ГОСТ 1139–80)

Поля допусков		Посадки
втулки	вала	
F8	d9; e8; f8; e9; h9; js7	$\left(\frac{F8}{d9}\right)$; $\frac{F8}{e8}$; $\frac{F8}{f7}$; $\frac{F8}{e9}$; $\frac{F8}{h9}$; $\frac{F8}{js7}$
D9	d9; e8; f8; e9; h9; js7; k7	$\left(\frac{D9}{d9}\right)$; $\frac{D9}{e8}$; $\frac{D9}{f8}$; $\frac{D9}{e9}$; $\frac{D9}{js7}$; $\frac{D9}{k7}$
F10	d9; e8; f8; e9; h9; k7	$\frac{F10}{d9}$; $\frac{F10}{e8}$; $\frac{F10}{f8}$; $\frac{F10}{e9}$; $\frac{F10}{h9}$; $\frac{F10}{k7}$

Примечание:

1. См. примечание к табл. 31 (кроме п.2, 6).
2. Поле e9 рекомендуется для незакаленных валов.

Таблица 34 — Поля допусков нецентрирующих диаметров (по ГОСТ 1139–80)

Нецентрирующий диаметр	Вид центрирования	Поле допуска	
		вала	втулки
d	По D или b	См. d ₁ в табл. 29, 30	H11
D	По d или b	a11	H12

При назначении конкретной посадки учитывают, прежде всего, служебное назначение (подвижное или неподвижное, реверсивное или неревверсивное), нагрузку, длину соединения, а во многих случаях и удобство сборки-разборки. Следует иметь ввиду, что в ГОСТ 1139-80 отсутствуют посадки с натягами (собираемость их была бы затрудненной), а неподвижные соединения получают с помощью переходных посадок или посадок с $S_{\min} = 0$ ($H7/h7$, $H8/h8$).

С увеличением длины неподвижных соединений, а также длины и частоты перемещений подвижных соединений применяют посадки с увеличенными зазорами.

Примеры обозначения размеров шлицевого соединения, вала и втулки:

для шлицевого соединения с параметрами $z=8$, $d=36$ мм, $D=40$ мм, $b=7$ мм, с центрированием по d , с посадкой по $d \frac{H7}{e8}$; $D \frac{H12}{a11}$ и по $b \frac{D9}{f8}$ приводят обозначение:

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8};$$

для отверстия этого же соединения - $d - 8 \times 36 H7 \times 40 H12 \times 7 D9$

и вала - $d - 8 \times 36 e8 \times 40 a11 \times 7 f8$.

Допускается не указывать в обозначении допуски нецентрирующих диаметров. Например, при центрировании по наружному диаметру с посадкой по диаметру центрирования

$$D \frac{H7}{h7} \text{ и по размеру } b \frac{F10}{h9}$$

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H7}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}.$$

То же при центрировании по боковым сторонам

$$b - 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{e8}.$$

Условные обозначения шлицевых валов, отверстий и их соединений регламентирует ГОСТ 2.409-74.

Примеры оформления чертежей шлицевого вала, втулки и отверстия приведены на рис. 10-12.

Вид стандартного сечения шлицев (А, В или С) назначают согласно примечанию 5 к табл.29.

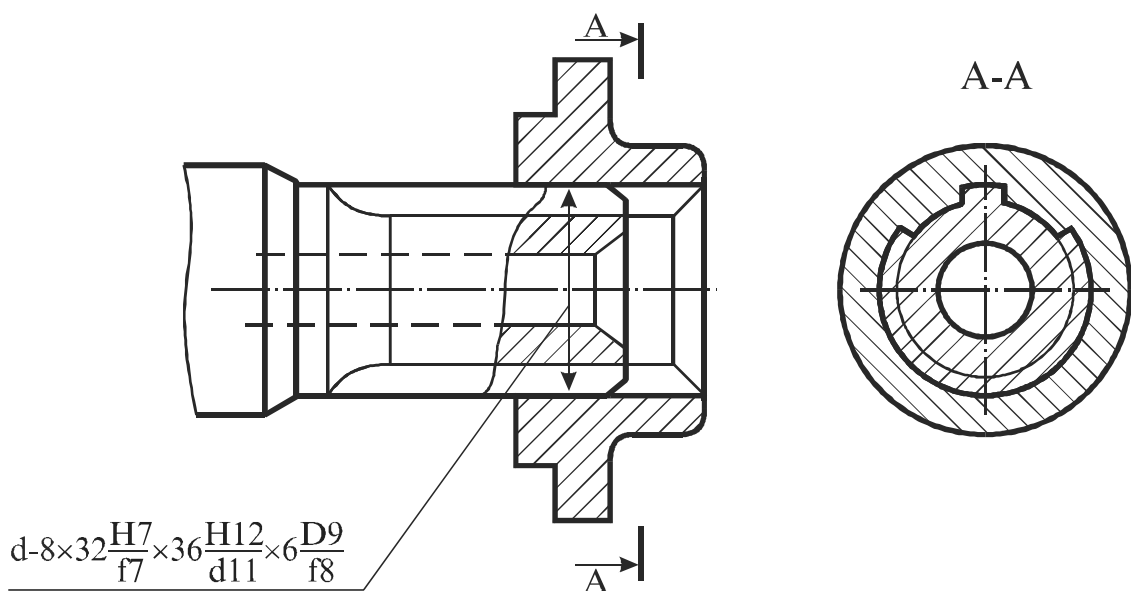


Рисунок 10 — Пример оформления сборочного чертежа шлицевого соединения

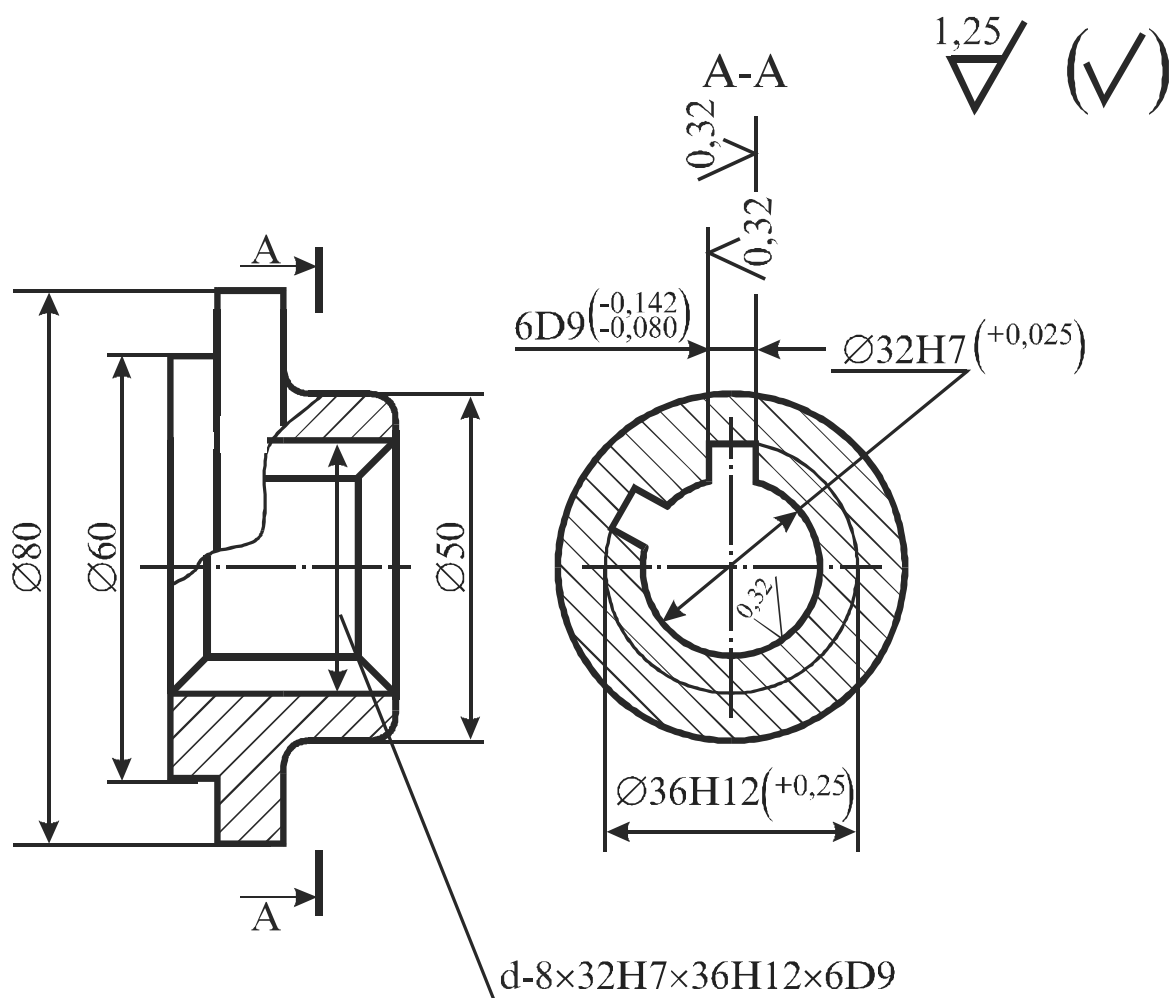


Рисунок 11 — Пример оформления рабочего чертежа шлицевой втулки

Technical drawing of a mechanical part, showing a side view, a cross-section A-A, and a detail view of the flange.

Side View:

- Overall length: 100
- Shaft diameter: $\varnothing 32$
- Flange outer diameter: $\varnothing 36$
- Flange thickness: 6
- Flange inner diameter: $\varnothing 32$
- Flange fillet radius: $R 0,16$
- Flange chamfer: $3 \times 45^\circ$
- Section line A-A
- Surface texture symbol: $\sqrt{0,04 \text{ AB}}$

Cross-section A-A:

- Flange outer diameter: $\varnothing 36_{+0,31}^{-0,47}$
- Flange thickness: $6_{+0,010}^{-0,028}$
- Flange inner diameter: $\varnothing 32_{+0,31}^{-0,47}$
- Flange fillet radius: $R 0,16$
- Section line A-A

Detail View (A-A):

- Flange outer diameter: $\varnothing 32_{+0,025}^{-0,050}$
- Flange thickness: $2,71$ (не менее 2,71)
- Flange inner diameter: $\varnothing 30,4$
- Flange fillet radius: $R 0,32$
- Flange chamfer: $0,4 \times 45^\circ$

Dimension Line:

$d - 8 \times 32 f 7 \times 36 a 11 \times 6 f 8$

- 72 -

11 РАСЧЕТЫ ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Методика построения размерных цепей приведена в [47], а методы и примеры расчетов в [48].

При расчетах размерных цепей используют данные таблиц 35- 39.

Таблица 35 – Значения единицы допусков i для размеров до 500 мм (ГОСТ 25346-82)

Интервалы номинальных размеров, мм	Свыше ... до (включительно)												
	3	3 8	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500
Единицы допуска, мкм	0.55	0.73	0.90	1.08	1.31	1.56	1.86	2.17	2.52	2.98	3.22	3.54	3.98

Таблица 36 – Число единиц допуска a в допуске данного качества (ГОСТ 25346-82)

Квалитет	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a	5.1	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640

Таблица 37 – Средняя точность методов обработки поверхностей деталей из стали

Вид обработки		Квалитеты	
		экономические	достижимые
Автоматическая газовая резка		15 – 17	—
Отрезка	приводной пилой	15 – 17	—
	резцом	14 – 17	-
	фрезой	14 – 17	
	абразивом	12 – 15	—
Подрезка торцов		11 – 13	8; 9
Строгание	черновое	12 – 14	-
	чистовое	11 – 13	-
	тонкое	8 – 10	7
Долбление	черновое	14; 15	-
	чистовое	12; 13	11
Фрезерование цилиндрической Фрезой	черновое	12 – 14	-
	чистовое	11(10)	-
	тонкое	8;9	6;7
Фрезерование торцовой Фрезой	черновое	12 – 14	-
	чистовое	11	10
	тонкое	8;9	6;7
Фрезерование скоростное	черновое	12 – 14	11
	чистовое	11 – 13	8;9

Вид обработки			Квалитеты	
			экономические	достижимые
Обтачивание продольной подачей	обдирочное		15 – 17	-
	получистовое		12 – 14	-
	чистовое		7-9	6
	тонкое (алмазное)		6	5
Обтачивание Поперечной подачей	обдирочное		16; 17	-
	чистовое		11 – 13	8;9
	тонкое		8 – 11	7
Обтачивание скоростное			11	8;9
Растачивание	черновое		15 – 17	-
	получистовое		12 - 14	-
	чистовое		8;9	7
	тонкое (алмазное)		7	6
Шабрение	грубое		11	8;9
	тонкое		8; 9	6; 7
Шлифование круглое	получистовое		8 – 11	-
	Чистовое		6-8	6
	тонкое		5	выше 5-го
Шлифование плоское	получистовое		8 - 11	-
	чистовое		6-6	-
	тонкое		6;7	6
Притирка	чистовая		6; 7	—
	тонкая		5	-
Полирование	обычное		6	-
	тонкое		5	-
Доводка	грубая		6;7	5
	средняя		5;6	6
	Тонкая		5	выше 5-го
	отделочная (зеркальная)		—	-
Хонингование	плоскостей	ци-	7;8	6
	линдров		6;7	-
Суперфиниширование	плоскостей	ци-	5 и точнее	-
	линдров			

Таблица 38 – Предельные отклонения ширины колец подшипников качения (ГОСТ 520-89)

Номинальный диаметр, мм	Класс точности подшипника					
	0; 6		5;4		2	
	Отклонения, мкм					
	верх.	ниж.	верх.	ниж.	верх.	Ниж.
Св. 10 до 18	0	-120	0	- 80	0	- 80
18... 30	0	-120	0	-120	0	-120
30... 50	0	-150	0	-120	0	-120
50... 80	0	-200	0	-150	0	-125
Р0... 120	0	-250	0	-200	0	-125
120... 180	0	-300	0	-250	0	-125
180... 250	0	-315	0	-300	0	-150
250... 315	0	-350	0	-350,	0	-450
315... 400	0	-400	0	-400	—	—

Таблица 39 — Значение коэффициента t_{Δ} при нормальном распределении размеров замы-
кающего звена для различных процентов риска p

Риск Р, %	32	16	10	4,6	2,1	0,94	0,50	0,27	0,1	0,05	0,01
Коэффициент t_{Δ}	1	1,4	1,65	2	2,3	2,6	2,81	3	3,3	3,48	3.89

При расчетах по определению предельных отклонений составляющих звеньев используют рис. 13.

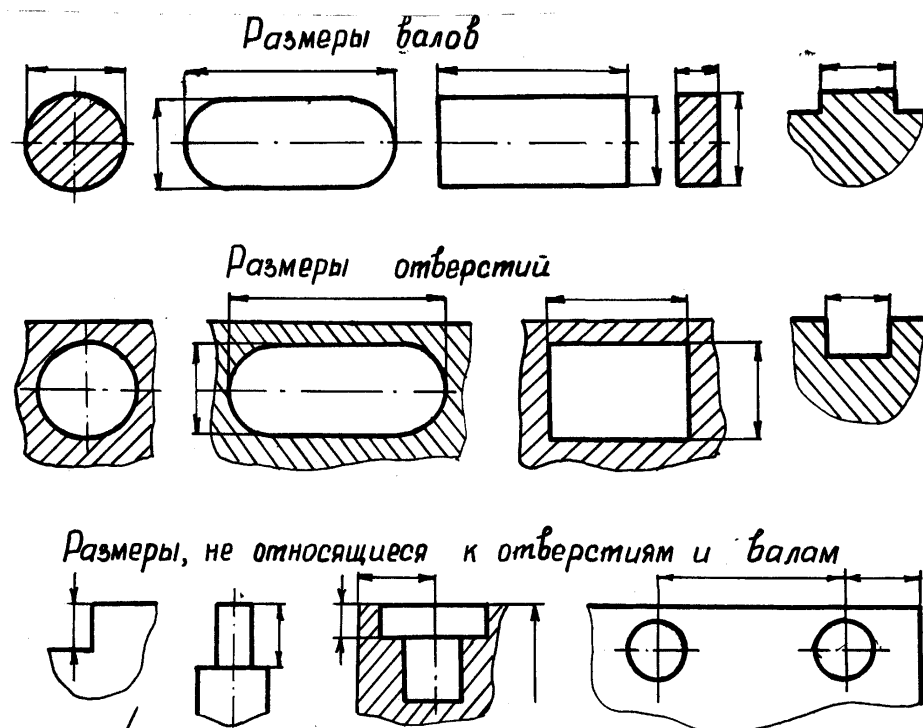







Рисунок 13 – Виды размеров для назначения предельных отклонений

12 ВЫБОР И ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах в основном с помощью условных обозначений, для чего ГОСТ 2.309-79 предусматривает следующие знаки их видов (табл. 40).

Таблица 40 — Обозначения видов допусков формы и расположения поверхности (ГОСТ 2.309-79)

Группа допуска	Вид допуска	Знак	Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности » плоскостности » круглости » цилиндричности » профиля продольного сечения		Суммарный допуск формы и расположения	Допуск радиального биения » торцового биения » биения в заданном направлении	
	Допуск параллельности » перпендикулярности » наклона » соосности » симметричности Позиционный допуск Допуск пересечения осей			Допуск полного радиального биения Допуск полного торцового биения	
Допуск расположения				Допуск формы заданного профиля Допуск формы заданной поверхности	

Вид допуска назначает конструктор, исходя из служебного назначения и конструктивно-технологических особенностей сборочной единицы и детали.

Числовые значения допусков формы и расположения регламентируются ГОСТ 24643-81 (табл. 41).

Допуски формы и расположения *поверхностей деталей, сопрягающихся с подшипниками качения* назначают по ГОСТ 3325-85 (табл. 42-44).

Допуски расположения *шпоночных пазов* на валу и в отверстиях втулки определяют по следующим формулам:

- допуск параллельности относительно оси шейки вала $T \approx 0,6T_{шп.п}$;
- допуск симметричности относительно оси шейки вала $T \approx 4T_{шп.п}$,

где $T_{шп.п}$ — допуск на ширину шпоночного паза.

Для остальных видов поверхностей допуски формы и расположения назначаются на основе нижеприведенных таблиц и рекомендаций по одной из 16 степеней точности, устанавливаемых ГОСТ 24643-81.

Таблица 41 — Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей (ГОСТ 24643-81)

0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000
10000	12000	16000	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 42 — Допуски формы и расположения посадочных поверхностей подшипников

Интервал номинальных диаметров d и D, мм	Допуски формы посадочных поверхностей: мкм, не более															
	валов (осей)								отверстий корпусов							
	допуск круглости		допуск про- филя про- дольного се- чения		допуск непостоянства диа- метра в сечении				допуск круглости		допуск про- филя про- дольного се- чения		допуск непостоянства диа- метра в сечении			
					поперечном		продольном						поперечном		продольном	
	Класс точности подшипников															
	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4	0 и 6	5 и 4
Св. 10 до 18	3,0	1,3	3,0	1,3	6,0	2,6	6,0	2,6	4,5	2,0	4,5	2,0	9,0	4,0	9,0	4,0
Св. 18 до 30	3,5	1,5	3,5	1,5	7,0	3,0	7,0	3,0	5,0	2,0	5,0	2,0	10,0	4,0	10,0	4,0
Св. 30 до 50	4,0	2,0	4,0	2,0	8,0	4,0	8,0	4,0	6,0	2,5	6,0	2,5	12,0	5,0	12,0	5,0
Св. 50 до 80	5,0	2,0	5,0	2,0	10,0	4,0	10,0	4,0	7,5	3,0	7,5	3,0	15,0	6,0	15,0	6,0
Св. 80 до 120	6,0	2,5	6,0	2,5	12,0	5,0	12,0	5,0	9,0	3,5	9,0	3,5	18,0	7,0	18,0	7,0
Св. 120 до 180	6,0	3,0	6,0	3,0	12,0	6,0	12,0	6,0	10,0	4,0	10,0	4,0	20,0	8,	20,0	8,0
Св. 180 до 250	7,0	3,5	7,0	3,5	14,0	7,0	14,0	7,0	11,5	5,0	11,5	5,0	23,0	10,0	23,0	10,0
Св. 250 до 315	8,0	4,0	8,0	4,0	16,0	8,0	16,0	8,0	13,0	5,3	13,0	5,3	26,0	10,6	26,0	10,6
Св. 315 до 400	9,0	4,0	9,0	4,0	18,0	8,0	18,0	8,0	14,0	6,0	14,0	6,0	28,0	12,0	28,0	12,0
Св. 400 до 500	10,0	–	10,0	–	20,0	–	20,0	–	16,0	–	16,0	–	32,0	–	32,0	–
Св. 500 до 630	11,0	–	11,0	–	22,0	–	22,0	–	17,5	–	17,5	–	35,0	–	35,0	–
Св. 630 до 800	12,0	–	12,0	–	24,0	–	24,0	–	20,0	–	20,0	–	40,0	–	40,0	–
Св. 800 до 1000	14,0	–	14,0	–	28,0	–	28,0	–	22,5	–	22,5	–	45,0	–	45,0	–

Таблица 43 — Допуски торцевого биения опорных торцовых поверхностей заплечиков валов и отверстий корпусов

Интервал номинальных диаметров d и D, mm	Допуск торцевого биения заплечников, мкм, не более							
	Класс точности подшипников							
	0		6		5		4	
	валов	отверстий	валов	отверстий	валов	отверстий	валов	отверстий
Св. 10 до 18	18	27	11	18	5	8	3	5
Св. 18 до 30	21	33	13	21	6	9	4	6
Св. 30 до 50	25	39	16	25	7	11	4	7
Св. 50 до 80	30	46	19	30	8	13	5	8
Св. 80 до 120	35	54	22	35	10	15	6	10
Св. 120 до 180	40	63	25	40	12	18	8	12
Св. 180 до 250	46	72	29	46	14	20	10	14
Св. 250 до 315	52	81	32	52	16	23	-	16
Св. 315 до 400	57	89	36	57	18	25	-	20
Св. 400 до 500	63	97	40	63	-	27	-	-
Св. 500 до 630	70	110	44	70	-	30	-	-
Св. 630 до 800	80	125	50	80	-	35	-	-
Св. 800 до 1000	90	140	56	90	-	-	-	-

Таблица 44 — Допуски соосности посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса в подшипниковых узлах

Тип подшипника	Допуск соосности, мкм, посадочной поверхности длиной $b = 10$ мм в диаметральном выражении	
	вала	корпуса
Радиальные однорядные шариковые (при радиальном нагружении) с радиальным зазором:		
нормальным	4,0	8,0
по 7-му ряду	6,0	12,0
по 8-му ряду	8,0	16,0
Радиально-упорные шариковые однорядные с углами контакта:		
$\alpha = 12^\circ$	3,0	6,0
$\alpha = 26^\circ$	2,4	4,8
$\alpha = 26^\circ$	2,0	4,0
Упорно-радиальные шариковые с углом контакта $\alpha = 45-60^\circ$	2,0	4,0
Упорные шариковые с углом контакта $\alpha = 90^\circ$	1,0	2,0
Радиальные с цилиндрическими роликами:		
с короткими и длинными без модифицированного контакта	1,0	2,0
с модифицированным контактом	3,0	3,0
Конические с роликами:		
без модифицированного контакта	1,0	2,0
с небольшим модифицированным контактом	2,0	4,0
Конические с модифицированным контактом на наружном кольце	4,0	8,0
Упорные с цилиндрическими или коническими роликами	0,5	1,0
Игольчатые роликовые:		
однорядные	0,5	1,0
однорядные с модифицированным контактом	2,0	4,0
многорядные	0,5	1,0
Шариковые радиальные сферические двухрядные по ГОСТ 5720-75	6,0	12,0
Роликовые радиальные однорядные с бочкообразными роликами (основные размеры по ГОСТ 24954-81)	6,0	12,0
Роликовые радиальные сферические двухрядные по ГОСТ 5721-75	6,0	12,0
Роликовые упорные сферические по ГОСТ 9942-80	6,0	12,0

Таблица 45 — Допуски плоскостности и прямолинейности (по ГОСТ 24643-81)

Номинальная длина, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	0,06	0,1	0,16	0,25
Св. 10 до 16	0,33	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
« 16 « 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
« 25 « 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
« 40 « 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
« 63 « 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
« 100 « 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1,0
« 160 « 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
« 250 « 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1,0	1,6
« 400 « 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2,0
« 630 « 1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1,0	1,6	2,5
« 1000 « 1600	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2,0	3
« 1600 « 2500	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1,0	1,6	2,5	4
« 2500 « 4000	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1,2	2	3	5
« 4000 « 6300	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1,6	2,5	4	6
« 6300 « 10000	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2	3	5	8

Таблица 46 — Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения (по ГОСТ 24643-81)

Номинальный диаметр, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	мкм												мм			
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
Св. 3 до 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
« 10 « 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	0	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
« 18 « 30	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
« 30 « 50	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
« 50 « 120	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
« 120 « 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
« 250 « 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
« 400 « 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
« 630 « 1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5
«1000 «1600	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0,8	1,2	2	3
«1600 «2500	4	6	10	16	25	40	60	100	250	250	400	600	1	1,6	2,5	4

Таблица 47 — Допуски параллельности, наклона, торцевого биения и полного торцевого биения (по ГОСТ 24643-81)

Номинальный размер , мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	мкм												мм			
До 10	0.4	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	0.1	0.16	0.25	0.4
Св. 10 до 16	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0.12	0.2	0.3	0.5
« 16 « 25	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	0.16	0.25	0.4	0.6
« 25 « 40	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0.2	0.3	0.5	0.8
« 40 « 63	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0.25	0.4	0.6	1
« 63 « 100	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0.3	0.5	0.8	1.2
« 100 « 160	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0.4	0.6	1	1.6
« 160 « 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0.5	0.8	1.2	2
« 250 « 400	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0.6	1	1.6	2.5
« 400 « 630	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0.8	1.2	2	3
« 630 « 1000	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1.6	2.5	4
«1000 « 1600	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1.2	2	3	5
«1600 «2500	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1.6	2.5	4	6
«2500 «4000	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2	3	5	8
«4000 «6300	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2.5	4	6	10
«6300 «10000	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3	5	8	12

Таблица 48 — Допуски соосности, симметричности, пересечения осей и радиального биения (по ГОСТ 24643-81)

Номинальный диаметр, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Допуск, мкм															
До 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
Св.3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
« 10 « 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
« 18 « 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
« 30 « 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
« 50 « 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500
« 120 « 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
« 250 « 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000
« 400 « 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000
« 630 « 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000	6000
«1000 «1600	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000	5000	8000
«1600 «2500	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000	6000	10000

Рекомендации по выбору степеней точности формы и расположения приведены в таблицах 49-53.

Таблица 49 — Примеры назначения допусков плоскостности и прямолинейности

Степень точности по табл. 45	Примеры применения	Способ обработки
1-2	Измерительные и рабочие поверхности особо точных средств измерения (концевых мер длины, лекальных линеек и т.д.). Направляющие прецизионных координатно-расточных, шлифовальных станков.	Доводка, суперфиниширование, тонкое шабрение
3-4	Измерительные и рабочие поверхности средств измерения нормальной точности (поверочных линеек и плит, микрометров и др.). Опорные поверхности уровней. Направляющие станков повышенной точности. Базовые, установочные и измерительные поверхности контрольных приспособлений повышенной точности.	Доводка, шлифование и шабрение повышенной точности
5-6	Направляющие и столы станков нормальной точности. Базовые и установочные поверхности технологических приспособлений повышенной точности. Направляющие точных машин и приборов. Поверхности плоских соединений в шестеренчатых и винтовых насосах. Упорные подшипники турбин большой мощности.	Шлифование, шабрение, обтачивание повышенной точности
7-8	Разметочные плиты. Направляющие кривошипных и гидравлических прессов. Ползуны. Упорные подшипники машин малой мощности. Базовые поверхности кондукторов и других технологических приспособлений. Опорные поверхности корпусов подшипников, фундаментных рам и станин двигателей и паровых машин. Разъемы турбин и корпусов редукторов, масляных насосов, опорных подшипников валопроводов. Фланцы турбин и турбомеханизмов.	Грубое шлифование, фрезерование, строгание, протягивание, обтачивание
9-10	Стыковые поверхности траверз и станин прокатных станов. Кронштейны и основания вспомогательных и ручных механизмов. Опорные поверхности машин, устанавливаемых на клиньях и амортизирующих прокладках. Присоединительные поверхности арматуры, фланцев станков (с использованием мягких прокладок).	Фрезерование, строгание, обтачивание, долбление
11-12	Неответственные рабочие поверхности механизмов пониженной точности. Базовые поверхности столов, рамок, рольгангов, планок в литейных машинах.	Грубая механическая обработка всех видов

Таблица 50 — Примеры назначения допусков формы цилиндрических поверхностей

Степень точности (по табл. 46)	Примеры применения	Способ обработки
1-2	Шарики и ролики для подшипников. Дорожки качения и посадочные поверхности подшипников качения особо высокой точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов. Подшипниковые шейки шпинделей прецизионных станков. Детали особо точных плунжерных и золотниковых пар.	Доводка, тонкое шлифование и алмазное растачивание повышенной точности.
3-4	Дорожки качения и посадочные поверхности подшипников качения повышенной точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов. Подшипники жидкостного трения при больших нагрузках (прокатные станы). Подшипниковые шейки коленчатых валов, поршневые пальцы и сопрягаемые с ними отверстия в деталях авиационных и автомобильных двигателей. Плунжеры, золотники, поршни, втулки и другие детали гидравлической аппаратуры, работающие при высоких давлениях без уплотнений.	Доводка, хонингование, тонкое шлифование, алмазное растачивание; тонкое обтачивание и растачивание повышенной точности.
5-6	Посадочные поверхности колец подшипников качения нормальной точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов. Подшипниковые шейки и вкладыши коленчатых валов тракторных и судовых двигателей, валов редукторов, паровых турбин, крупных насосов. Поршневые пальцы дизелей и газовых двигателей. Поршни, золотники, гильзы, цилиндры и другие детали гидравлической и пневматической аппаратуры при средних и низких давлениях без уплотнений или при высоких и средних давлениях с уплотнениями. Несопрягаемые поверхности вала паровой турбины и оправки для балансировки дисков турбин.	Шлифование, хонингование, чистовое обтачивание и растачивание, тонкое развертывание, протягивание.
7-8	Подшипники скольжения крупных гидротурбин, тихоходных двигателей, редукторов. Цилиндры, гильзы, поршни и поршневые кольца автомобильных и тракторных двигателей. Отверстия под втулки в шатунах двигателей, в гидравлических устройствах средних давлений. Бочка валков холодной прокатки.	Чистовое обтачивание и растачивание, развертывание, протягивание; зенкование и сверление повышенной точности.
9-10	Подшипники скольжения при малых скоростях и давлениях. Поршни и цилиндры насосов низкого давления с мягким уплотнением. Поршневые кольца дизелей и газовых двигателей.	Обтачивание и растачивание, сверление, литье под давлением.

Таблица 51 — Примеры назначения допусков параллельности

Степень точности (по табл. 47)	Примеры применения	Способ обработки
1-2	Направляющие и базовые поверхности прецизионных станков. Направляющие станины оптической делительной головки. Рабочие поверхности синусных линеек и угольников высокой точности.	Доводка, суперфиниширование, алмазная обработка повышенной точности, шабрение повышенной точности.
3-4	Направляющие поверхности станков высокой и повышенной точности. Особо точные направляющие приборов управления и регулирования. Измерительные и рабочие поверхности поверочных линеек, штриховальных мер длины, призм.	Доводка, шлифование, шабрение, хонингование.
5-6	Рабочие поверхности станков нормальной точности. Измерительные поверхности микрометров и штангенциркулей. Рабочие поверхности технологических приспособлений высокой точности. Направляющие призмы и планки приборов и механизмов высокой точности. Оси отверстий в корпусах зубчатых передач высокой точности. Оси отверстий и торцы корпусов, рабочих шестерен и винтов в насосах. Базовые плоскости блока, рамы и картера двигателей.	Шлифование, координатное растачивание, фрезерование повышенной точности.
7-8	Рабочие поверхности прессов и молотов. Плоскости плит штампов. Рабочие поверхности кондукторов. Торцы фрез. Опорные торцы колец и крышек для подшипников качения нормальной точности. Оси отверстий в головках шатуна. Оси расточек под гильзы в блоке цилиндров двигателя. Оси отверстий в корпусах зубчатых передач нормальной точности. Уплотнительные поверхности фланцев вентиляей.	Фрезерование, строгание, протягивание, шлифование, растачивание.
9-10	Торцы крышек подшипников в тяжелом машиностроении. Шатунные шейки и ось коленчатого вала дизелей и газовых двигателей. Оси передач в лебедках, ручных приводах.	Фрезерование и растачивание, сверление и развертывание по кондуктору.
11-12	Плоскости разъема и опорная плоскость в корпусах редукторов подъемно-транспортных машин. Оси и поверхности в вилках включения сельскохозяйственных машин.	Грубая механическая обработка всех видов.
13-16	Поверхности низкой точности.	Все виды обработки.

Таблица 52 — Примеры назначения допусков перпендикулярности и торцевого биения

Степень точности (по табл. 47)	Примеры применения	Способ обработки
1-2	Основные направляющие и базовые поверхности прецизионных станков. Шпиндели и оправки зубоизмерительных приборов, оптической делительной головки. Кольца прецизионных подшипников качения.	Доводка, тонкое шлифование, алмазная обработка повышенной точности.
3-4	Основные направляющие и базовые поверхности станков высокой и повышенной точности. Рабочие поверхности угольников (90^0). Фланцы крупных турбин и генераторов. Заплевники валов под прецизионные подшипники качения.	Доводка, шлифование и шабрение повышенной точности, тонкое точение.
5-6	Рабочие поверхности станков нормальной точности. Опорные торцы долбяков и шевверов. Торцы корпусов, рабочих шестерен, винтов и роторов насосов высокого давления. Заплевники валов и корпусов под подшипники качения высокой точности. Торцы вкладышей подшипников гидромашин. Фланцы валов и соединительных муфт двигателей. Торцы рам и корпусов гидроприборов. Торцы планшайб и патронов станков.	Шлифование, шабрение, хонингование; фрезерование, строгание и растачивание повышенной точности.
7-8	Рабочие поверхности прессов. Торцы станочных втулок. Заплевники валов и корпусов под подшипники качения нормальной точности. Торцы ступиц и распорных втулок. Оси отверстий в корпусах конических редукторов. Ось отверстия под палец в автомобильных и тракторных поршнях.	Шлифование, фрезерование, строгание, долбление, растачивание.
9-10	Торцы подшипников в ручных лебедках и приводах. Ось резьбовых шпилек относительно опорных плоскостей в двигателе. Зубчатые венцы колес с обработанными зубьями в сельскохозяйственных машинах.	Обтачивание; грубое фрезерование, строгание и растачивание.
11-12	Уплотнительные поверхности присоединительных фланцев угловых вентилях. Зубчатые венцы звездочек с обработанными зубьями в сельскохозяйственных машинах. Оси и поверхности в вилках включения сельскохозяйственных машин. Рабочие поверхности угольников для строительных работ.	Грубая механическая обработка всех видов.
13-16	Поверхности низкой точности. Поверхности с неуказанными допусками.	Все виды обработки.

Таблица 53— Примеры назначения допусков соосности и радиального биения

Степень точности (по табл. 48)	Примеры применения	Способ обработки
1-2	Рабочие поверхности шпинделей и планшайб станков высокой точности. Опорные и посадочные шейки шпинделей зубоизмерительных приборов и оптических делительных головок. Рабочие поверхности колец прецизионных подшипников качения. Шейки вала и отверстия воздушных подшипников высокоскоростных шпинделей.	Доводка, тонкое шлифование, хонингование, алмазная обработка повышенной точности.
3-4	Рабочие поверхности шпинделей и столов станков повышенной и нормальной точности. Кольца подшипников качения высокой точности. Опорная и посадочная поверхности вкладышей подшипников насосов и гидротурбин. Конец вала электрических машин малой мощности (повышенной и нормальной точности). Посадочные шейки валов под зубчатые колеса высокой точности. Быстроходные валы и оси гидроприборов высокой точности. Центрирующие буртики и выточки валов крупных турбин.	Тонкое шлифование и точение, внутреннее шлифование с одной установки, хонингование.
5-6	Втулки станочные повышенной точности. Отрезные алмазные круги. Кольца подшипников качения нормальной точности. Посадочные поверхности валов под зубчатые колеса повышенной точности. Опорные шейки коленчатого и распределительного валов автомобильных двигателей. Фланцы валов крупных турбин. Быстроходные валы повышенной точности.	Шлифование, обтачивание повышенной точности, внутреннее шлифование и растачивание с одной установки.
7-8	Рабочие кромки зенкеров, конических разверток, метчиков. Коренные шейки коленчатых валов дизелей и газовых двигателей. Отверстия под торцевые крышки и вкладыши в корпусах подшипников насосов и средних гидротурбин. Быстроходные валы нормальной точности (до 1000 об/мин). Трансмиссионные валы длиной до 1000 мм. Поверхности катания ходовых колес и посадочные поверхности барабанов подъемно-транспортных машин. Зубчатые колеса с обработанными зубьями в сельскохозяйственных машинах.	Грубое шлифование, обтачивание и растачивание нормальной точности, протягивание, развертывание.
9-10	Режущие кромки плашек, метчиков, сверл, фрез. Посадочные шейки валов под зубчатые колеса пониженной точности. Трансмиссионные валы длиной 1000-4000 мм. Шейки валов и осей с допусками по 11 и 12 квалитетам в сельскохозяйственных машинах.	Обтачивание и растачивание, сверление.
11-16	Поверхности низкой точности. Поверхности с неуказанными допусками.	Все виды обработки

Выбор допусков формы зависит от конструктивных и технологических требований, но, кроме того, связан с допуском размера.

Для этого ГОСТ 24643-81 устанавливает следующие уровни относительной геометрической точности, которые характеризуются соотношением между допуском формы или расположения T_f и допуском размера T :

А — нормальная (для допуска формы или расположения используется примерно 60% от допуска размера);

В — повышенная (используется примерно 40 % от допуска размера);

С — высокая (используется примерно 25 % от допуска размера).

В обоснованных случаях может быть назначен допуск формы или расположения для которого используется менее 25 % от допуска размера.

В табл. 54 приведены рекомендации по назначению относительно геометрической точности, а в табл. 55 — по назначению степени точности цилиндрических поверхностей.

Таблица 54 — Относительная геометрическая точность формы цилиндрических поверхностей (по ГОСТ 24643-81)

Относительная геометрическая точность	Среднее соотношение допусков формы и размера $(2T_f/T)100\%$	Примеры применения
Нормальная (А)	60	Поверхности в подвижных соединениях при небольших скоростях относительных перемещений и нагрузках, если не предъявляется особых требований к плавности хода или минимальному трению. Поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при необходимости разборки и повторной сборки, повышенных требованиях к точности центрирования и стабильности натяга. Измерительные поверхности калибров. Технологические допуски формы при допусках размеров по 4-12-му качествам, если в конструкторской документации допуски формы не указаны.
Повышенная (В)	40	Поверхности в подвижных соединениях при средних скоростях относительных перемещений и нагрузках, при повышенных требованиях к плавности хода и герметичности уплотнений. Поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при повышенных требованиях к точности и прочности в условиях больших скоростей и нагрузок, ударов, вибраций. Технологические допуски формы при допусках размеров грубее 12-го качества, если в конструкторской документации допуски формы не указаны. Технологические допуски формы для обеспечения точности контроля размеров при упрощенных методах этого контроля, в том числе при активном контроле размеров.
Высокая (С)	25	Поверхности в подвижных соединениях при высоких скоростях и нагрузках, высоких требованиях к плавности хода, снижению трения, герметичности уплотнения. Поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при высоких требованиях к точности и прочности в условиях воздействия больших скоростей и нагрузок, ударов, вибраций.

Продолжение таблицы 54

Относительная геометрическая точность	Среднее соотношение допусков формы и размера $(2T_{\Phi}/T)100\%$	Примеры применения
Особо высокая	Менее 25	Поверхности, к которым предъявляются особо высокие требования по обеспечению кинематической точности, плотности и герметичности при больших давлениях, минимального трения, бесшумности, максимальной долговечности при тяжелых режимах работы. Детали сортируемые на размерные группы (при числе групп более пяти). Детали, аттестуемые по размеру с высокой точностью.

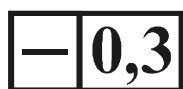
Таблица 55 — Степени точности формы цилиндрических поверхностей в зависимости от качества допуска диаметра и относительной геометрической точности (по ГОСТ 24643-81)

Относительная геометрическая точность	Квалитет допуска диаметра по ГОСТ 25346-82									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Степень точности формы (по табл. 19)									
Нормальная (А)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Повышенная (В)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Высокая (С)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Особо высокая			1	2	3	4	5	6	7	8

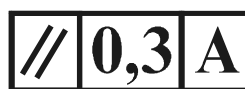
Условное обозначение допусков формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две (рис. 14, а) и более (рис. 14, б) части.

В первой части помещают знак вида допуска по табл. 40, во второй — числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз) или буквенное обозначение поверхности, с которой связан допуск расположения.

Рамку соединяют с элементом, к которому относится предельное отклонение сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой (рис. 14).



а



б

Рисунок 14

Направление отрезка соединительной линии, заканчивающегося стрелкой, должно соответствовать «направлению измерения» отклонения. Соединительную линию отводят от рамки, как показано на рис. 15.

Если допуск, относится к поверхности или ее профилю, то рамку соединяют с контурной линией поверхности (рис. 16, а) или ее продолжением; при этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (рис. 16, б).

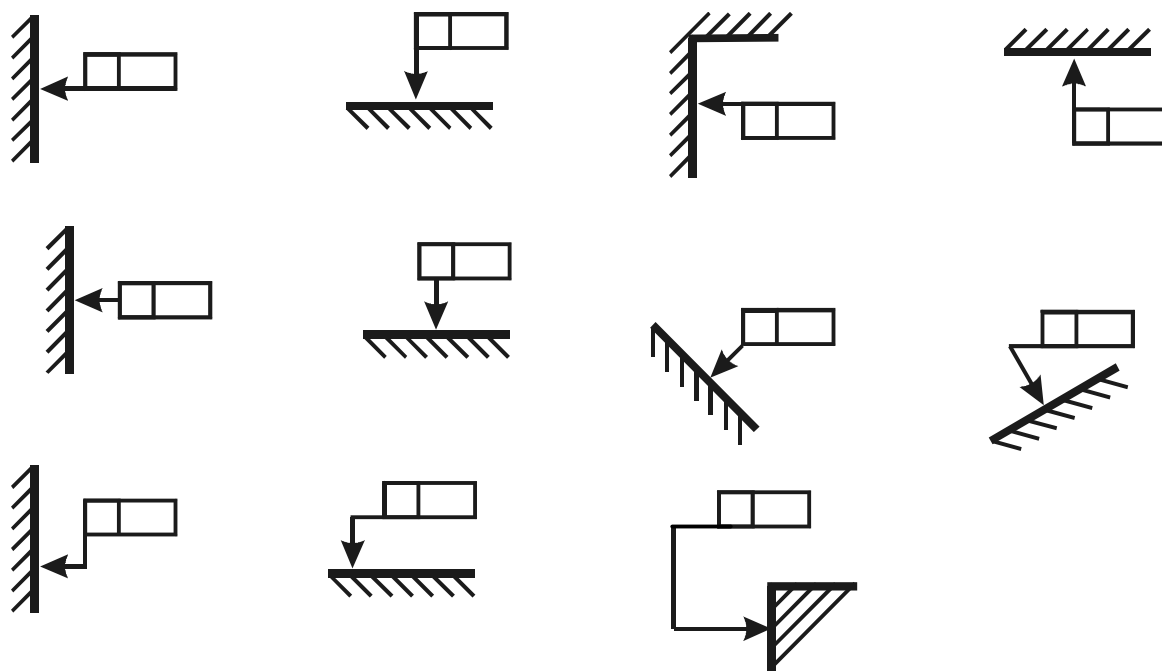


Рисунок 15

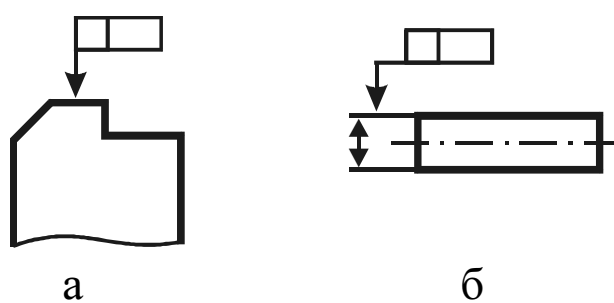


Рисунок 16

Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия — продолжение размерной линии (рис. 17, а, б).

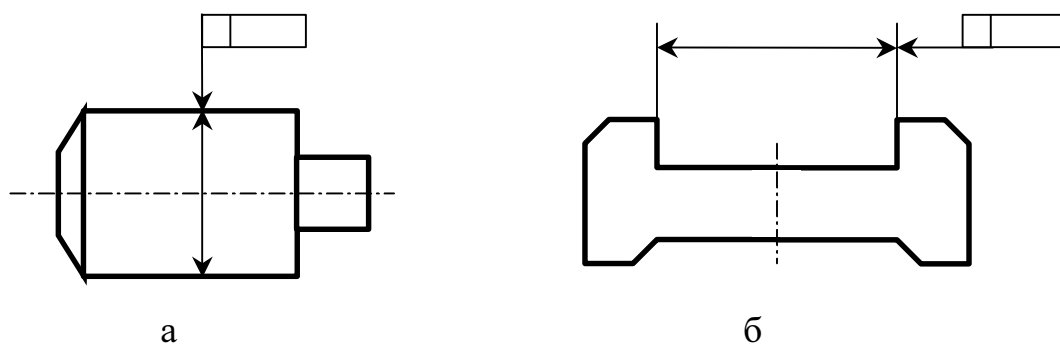


Рисунок 17

Если допуск, относится к общей оси или плоскости симметрии и из чертежа ясно, для каких поверхностей данная ось (плоскость) симметрии является общей, то рамку соединяют с осью (плоскостью) симметрии (рис. 18, а, б).

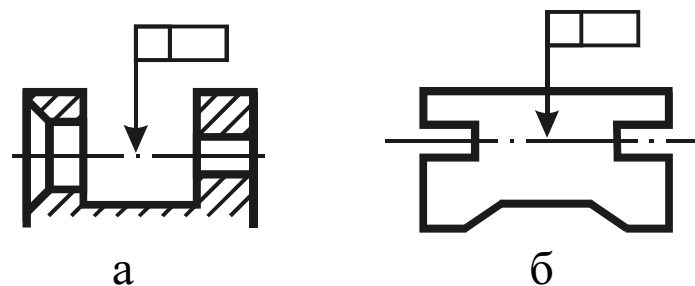


Рисунок 18

Перед числовым значением допуска следует ставить:

- символ \varnothing , если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают его диаметром (рис. 19, а);
- символ R, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают радиусом (рис. 19, б);
- символ T, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (для случая, когда поле позиционного допуска ограничено параллельными прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении (рис. 19, в);
- символ T/2 для тех же видов допусков, для которых ставят символ T, если их указывают в радиусном выражении (рис. 19, г);
- слово «сфера» и символы 0 или R, если поле допуска сферическое (рис. 19, д).

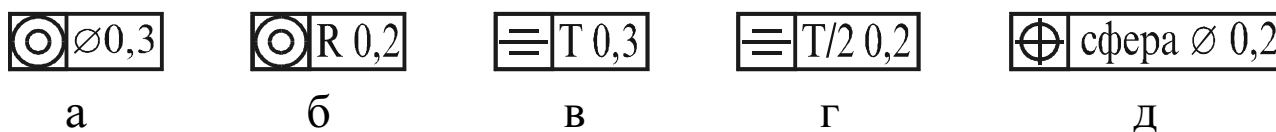


Рисунок 19

Числовое значение допуска формы и расположения поверхностей, указанное в рамке (рис. 20, а), относится ко всей длине поверхности. Если допуск относится к любому участку поверхности заданной длины (или площади), то заданную длину (или площадь) указывают рядом с допуском и отделяют от него наклонной линией (рис. 20, б, в), которая не должна касаться рамки. Если необходимо назначить допуск на всей длине поверхности и на заданной длине, то допуск на заданной длине указывают под допуском на всей длине (рис. 20, г)

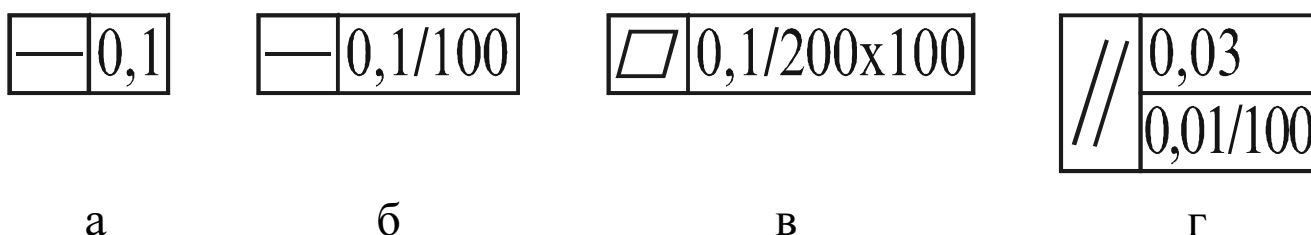


Рисунок 20

Если для данного элемента необходимо задать два разных вида допуска, то можно рамки объединять и располагать их согласно рис. 21.

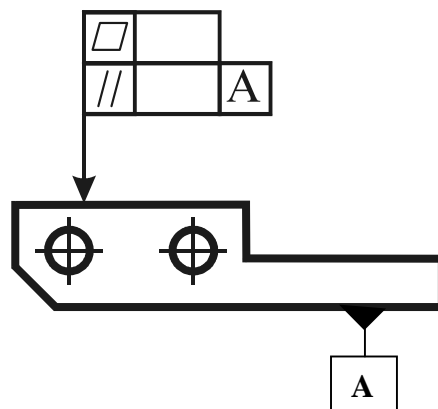


Рисунок 21

Повторяющиеся одинаковые или разные виды допусков, обозначаемые одним и тем же знаком, имеющие одинаковые числовые значения и относящиеся к одним и тем же базам, допускается указывать один раз в рамке, от которой отходит одна соединительная линия, разветвляемая затем ко всем нормируемым элементам (рис. 22).

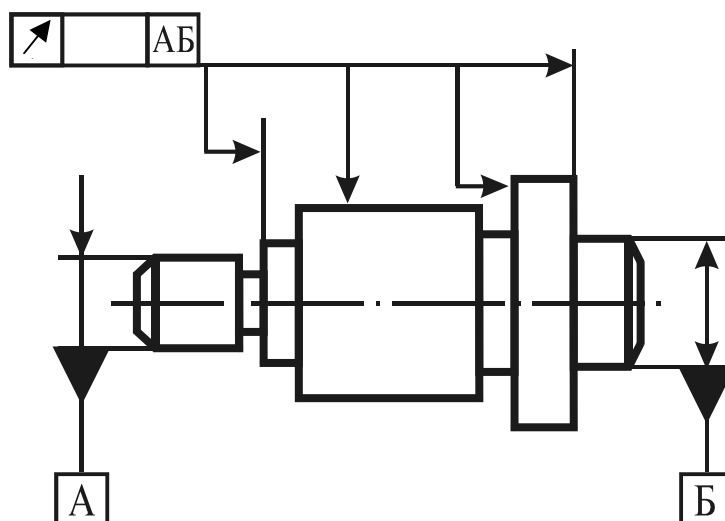


Рисунок 22

Допуски формы и расположения симметрично расположенных элементов на симметричных деталях указывают один раз.

Базы обозначают зачерненным равносторонним треугольником, который соединяют соединительной линией с рамкой. Высота треугольника равна размеру шрифта размерных чисел. При выполнении чертежей с помощью выводных устройств ЭВМ допускается треугольник, обозначающий базу, не зачернять.

Если базой является поверхность или ее профиль, то основание треугольника располагают на контурной линии поверхности (рис. 23, а) или на ее продолжении (рис. 23, б). При этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии.

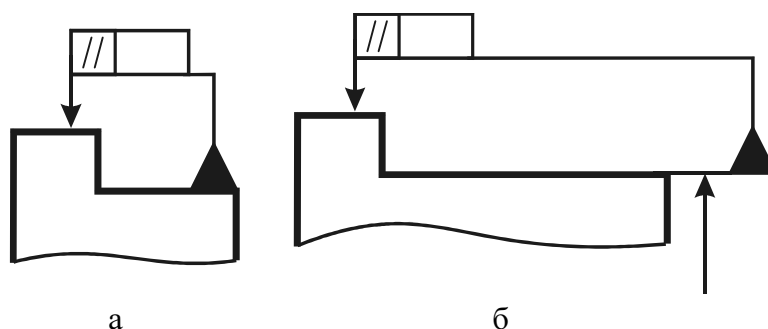


Рисунок 23

Когда базой является ось или плоскость симметрии, тогда треугольник располагают на конце размерной линии (см. рис. 23).

Если базой является общая ось (рис. 24, а) или общая плоскость симметрии (рис. 24, б) и из чертежа ясно, для каких поверхностей ось (плоскость симметрии) является общей, то треугольники располагают на оси.

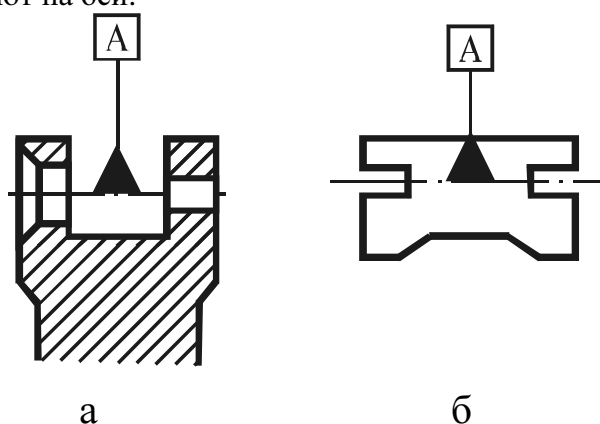


Рисунок 24

Когда базой является ось центров отверстий, тогда рядом с обозначением базовой оси делают надпись «Ось центров» (рис. 25).

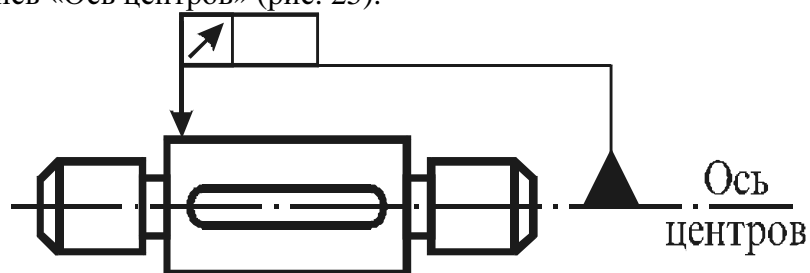


Рисунок 25

Если ни одну из поверхностей не выделяют как базу, то треугольник заменяют стрелкой (рис. 26).

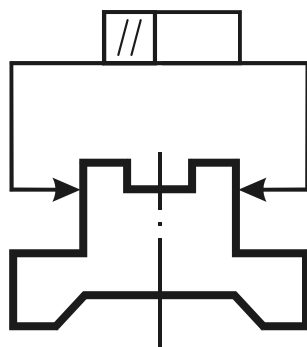


Рисунок 26

Если соединение рамки с базой или другой поверхностью, к которой относится отклонение расположения, затруднительно, то поверхность обозначают прописной буквой, вписываемой в третью часть рамки. Эту же букву вписывают в рамку, которую соединяют с обозначаемой поверхностью линией, заканчивающейся треугольником, если обозначают базу (рис. 27).

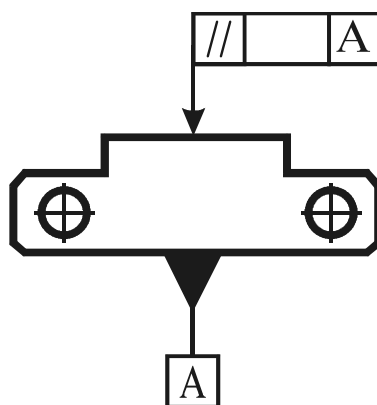


Рисунок 27

Линейные (рис. 28, а) и угловые (рис. 28, б) размеры, определяющие номинальное расположение и (или) номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, при назначении позиционного допуска, допуска наклона, допуска формы заданной поверхности или заданного профиля указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки.

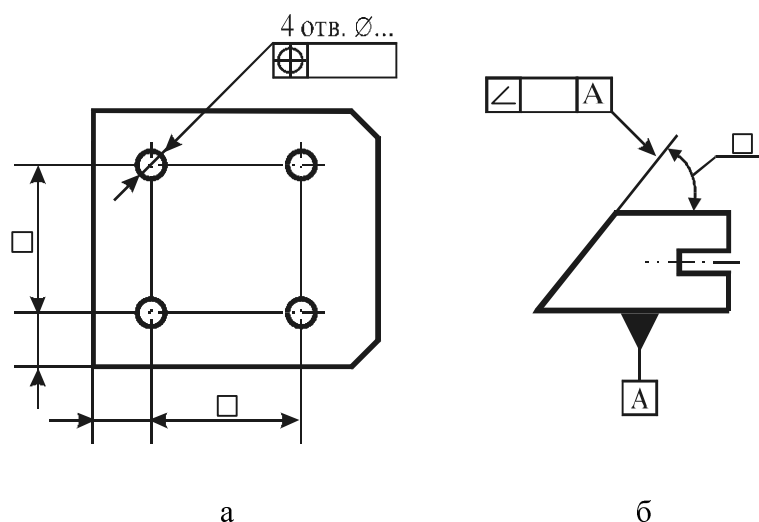


Рисунок 28

Зависимые допуски формы и расположения обозначают специальным условным знаком \textcircled{M} , который помещают: после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента (рис. 29, а); после буквенного обозначения базы (рис. 29, б) или без буквенного обозначения (рис. 29, г) в третьей части рамки, если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента; после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (рис. 29, б) или без буквенного обозначения (рис. 29, д), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

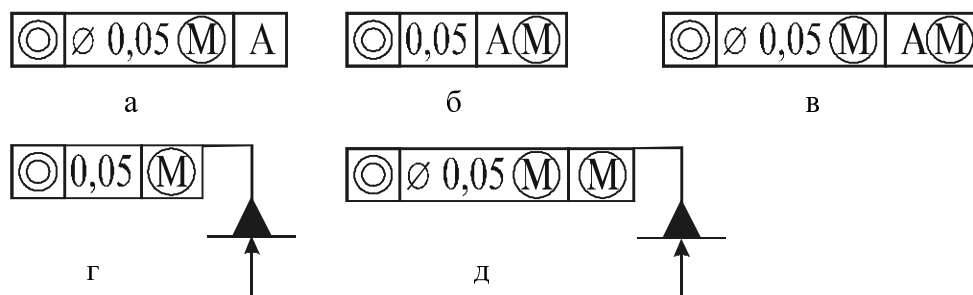


Рисунок 29

Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают независимым.

13 ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей должны устанавливаться одним из способов:

- позиционными допусками осей отверстий;
- предельными отклонениями размеров, координирующих оси отверстий.

Для отверстий, образующих одну сборочную группу при числе элементов в группе более двух, предпочтительней назначать позиционные допуски их осей.

При любом из двух возможных способов задания допусков сначала определяют значение позиционного допуска в диаметральном выражении. Его подсчитывают в зависимости от типа соединения *A* или *B* (рис. 30), минимального зазора для прохода крепежной детали S_{\min} и степени использования этого зазора для компенсации отклонения расположения осей, определяемой коэффициентом *K*.

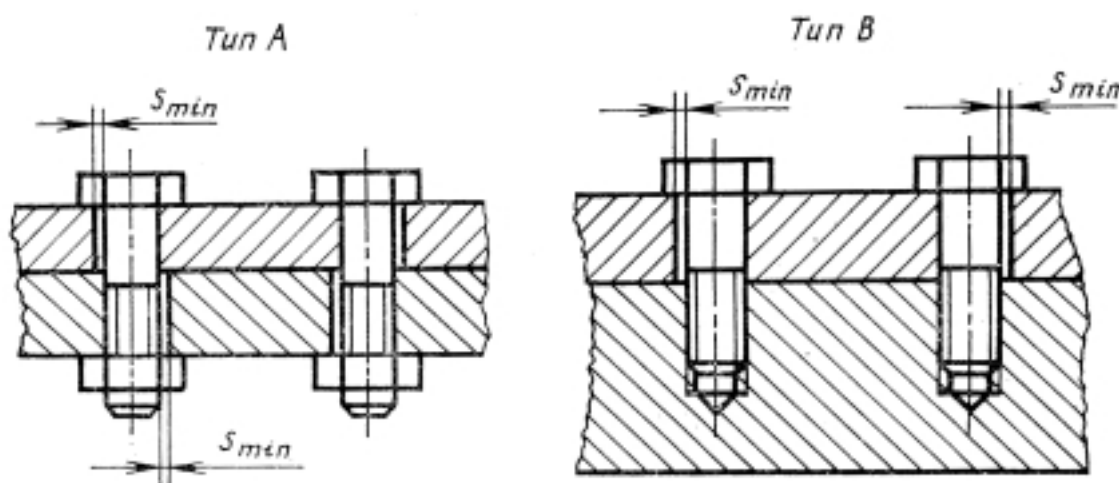


Рисунок 30 — Типы крепежных соединений

Обычно позиционные допуски осей отверстий устанавливают одинаковыми для обеих соединяемых деталей по следующим зависимостям: $T = K \cdot S_{\min}$ — для соединений типа *A* (болтами, заклепками, когда зазоры имеются в обеих деталях); $T = 0.5K \cdot S_{\min}$ для соединений типа *B* (винтами, шпильками, когда зазор имеется лишь в одной детали).

Рекомендуется принимать *K*, равным 1 или 0,8 для соединений, не требующих регулировки взаимного расположения деталей; 0,8 или 0,6 (и даже меньше) для соединений, в которых необходима некоторая регулировка взаимного расположения деталей.

Например, при соединении двух деталей болтами М8 (рис. 31, *a*) и $K = 0,8$ находим $S_{\min} = 8,4 - 8 = 0,4$ мм, $T = 0,8 \cdot 0,4 = 0,32$ мм. Ближайшим стандартным значением (табл. 1 ГОСТ 14140-81) является 0,3 мм, которое и указываем на чертеже. Линейные или угловые координирующие размеры при этом заключаются в рамки и непосредственной проверке не подлежат.

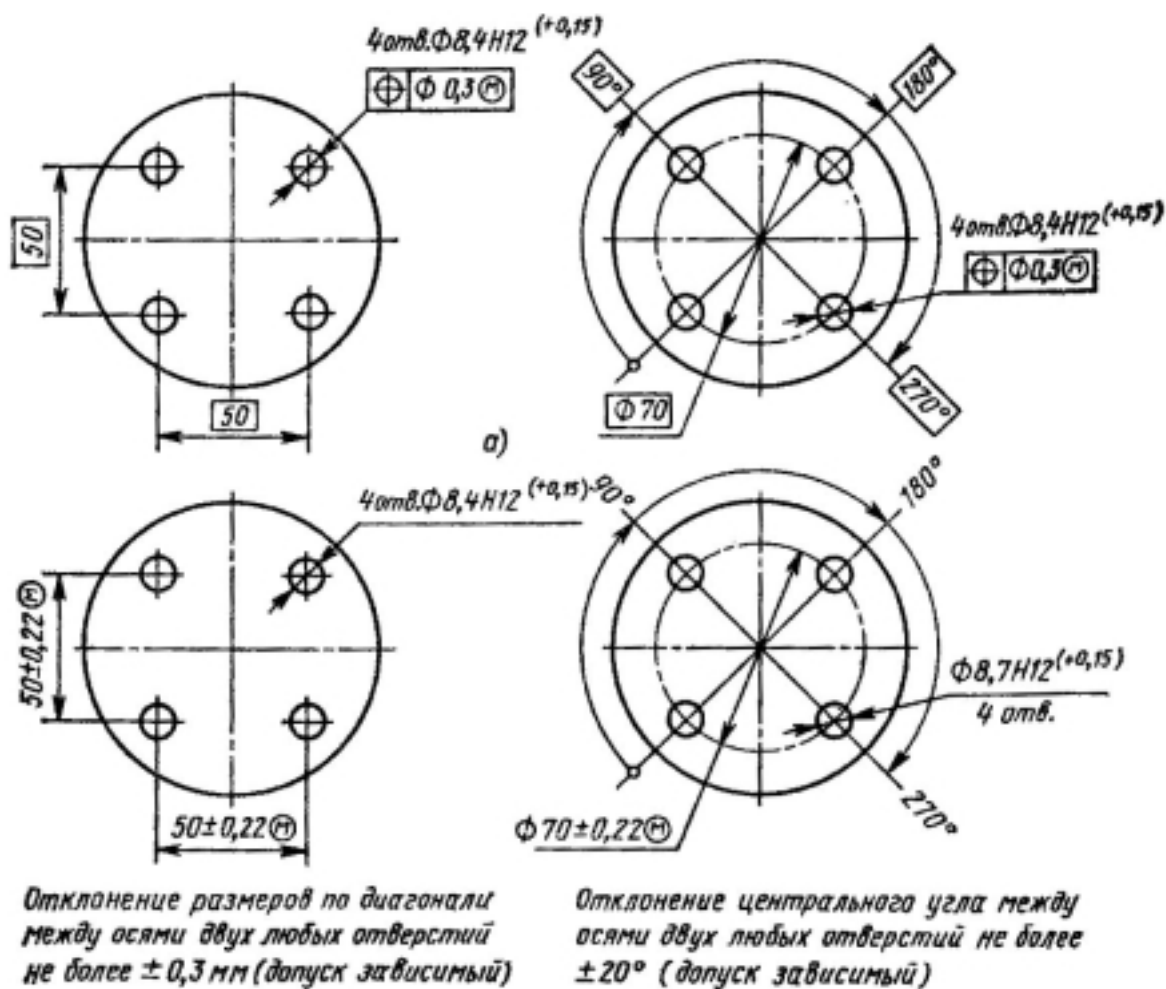


Рисунок 31 – Способы задания предельных отклонений на расположение осей отверстий: а) – позиционными допусками; б) – предельными отклонениями размеров

В случае задания допусков по второму способу (рис. 31, б) при прямоугольных координатах в табл. 2 ГОСТ 14140-81 по $T = 0,3$ мм при схеме четырех отверстий в два ряда находим на межцентровые расстояния отклонения $\pm 0,22$ и на размеры по диагонали $\pm 0,3$ мм (без второго ограничения отверстия могут оказаться в вершинах параллелограмма, а не прямоугольника). При полярных координатах аналогично по $T = 0,3$ мм и схеме расположения отверстий в табл. 3 того же стандарта находим отклонения на диаметр окружности центров $\pm 0,22$ мм и на центральный угол между осями любых двух соседних отверстий $\pm 20'$.

Схема взаимного соответствия полей допусков при двух методах задания предельных отклонений в системе прямоугольных координат показана на рис. 32, а, в полярных координатах — на рис. 32, б.

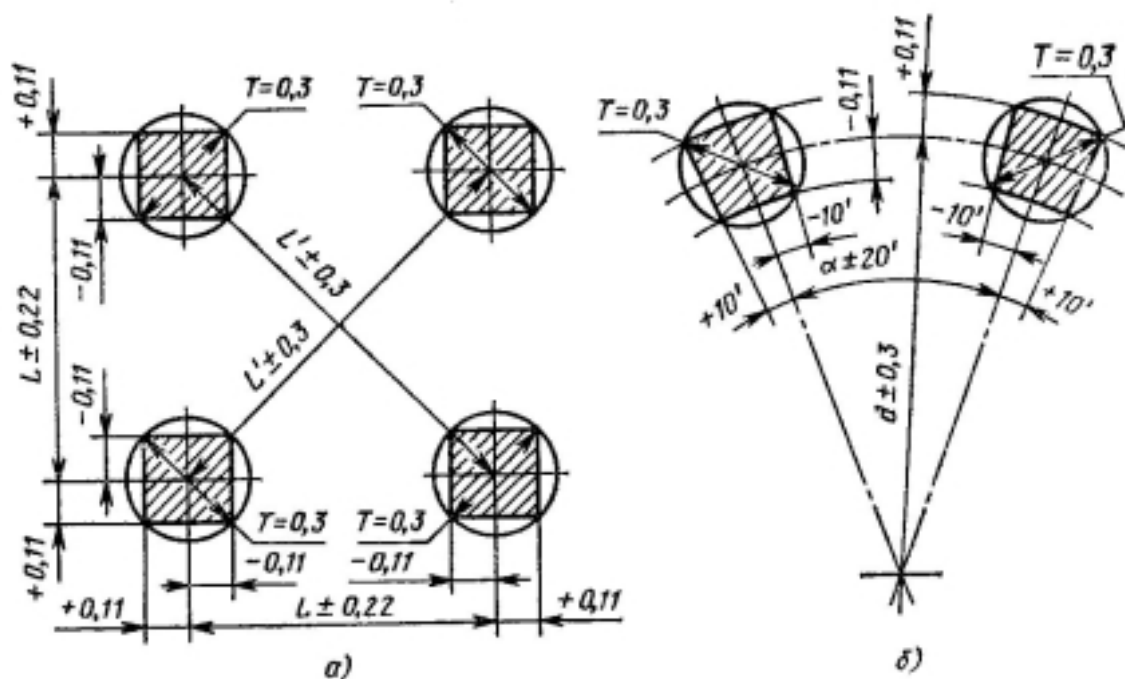


Рисунок 32 – Схемы взаимного соответствия полей допусков при обоих методах задания предельных отклонений в системе прямоугольных координат (а) и в полярных координатах (б)

Отклонения координирующих размеров не зависят от их величины, а определяются лишь принятой величиной позиционного допуска T .

14 ВЫБОР ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Выбор *вида параметра шероховатости* должен производиться с учетом служебного назначения и эксплуатационных свойств поверхности.

Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров (R_a , R_z , R_{max}). Предпочтительно, в том числе и для самых грубых поверхностей, нормировать параметр R_a , который более информативно чем R_z или R_{max} , характеризует отклонение профиля, поскольку, в отличие от последних, определяются по всем точкам (или достаточно большому числу точек) профиля. Параметры R_z или R_{max} нормируют в тех случаях, когда по условиям работы поверхности необходимо ограничить полную высоту неровности профиля или шероховато-рыхлого поверхностного слоя, а также когда прямой контроль параметра R_a с помощью профилометров или образцов сравнения шероховатости не представляется возможным (например для поверхностей, имеющих малые размеры или сложную конфигурацию).

В принципе же для выбора необходимых параметров шероховатости при ее нормировании с учетом эксплуатационных свойств можно воспользоваться данными табл. 56.

Таблица 56 — Рекомендации по выбору параметров шероховатости

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

Для сопряженных *поверхностей в посадках с натягом* значение параметра R_a может быть принято по табл. 14 (см. раздел 4), а параметр t_p принимается в виде:

$$t_{50} 60 \pm 10\% .$$

Для *поверхностей, сопрягаемых с кольцами подшипников качения* (шейки вала, отверстия в корпусах, заплечики), численное значение параметра R_a принимают согласно ГОСТ 3325-85 (табл. 57).

Таблица 57 — Требования к шероховатости сопрягаемых с подшипниками качения поверхностей (ГОСТ 3325-85)

Посадочная поверхность	Класс точности подшипников (по ГОСТ 3325-85)	Параметр поверхности, мкм, не более, для номинальных диаметров подшипников			
		До 80 мм	Св. 80 до 500мм	Св. 500 до 2500 мм	
		R_a			R_z
Валов	0	1,25	2,50	(5,0)	20,0
	6 и 5	0,63	1,25	2,5	--
	4	0,32	0,63	--	--
Отверстий корпусов	0	1,25	2,50	(5,0)	20,0
	6,5 и 4	0,63	1,25	2,5	--
Опорных торцовых заплечиков валов и корпусов	0	2,50	2,50	(5,0)	20,0
	6,5 и 4	1,25	2,50	(5,0)	20,0

Примечания:

1. Параметр шероховатости R_a посадочных поверхностей валов для подшипников на закрепительных или стяжных втулках не должен превышать 2,5 мкм.
2. Допускается значение параметров шероховатости R_a посадочных поверхностей и опорных торцов заплечиков в чугунных корпусах принимать не более 2,5 мкм для диаметров сопряжений до 80 мм и R_z не более 20 мкм — для диаметров свыше 80 мм при установке подшипников классов точности 0 и 6 при условии обеспечения заданного ресурса работы подшипникового узла.
3. Допускается значение параметра шероховатости R_a посадочных мест и опорных торцов заплечиков на валах и в корпусах, выполненных из стали, для малонагруженных подшипников класса точности 0 принимать не более 2,5 мкм для диаметров сопряжений до 80 мм и R_z не более 20 мкм — для диаметров более 80 мм.
Малонагруженными являются подшипники, работающие с частотой вращения, не превышающей $0,05 n_{np}$ при радиальной нагрузке \bar{F}_r , не превышающей 0,05 радиальной динамической грузоподъемности C_r при коэффициенте безопасности $K_\sigma = 1$.

Для поверхностей остальных деталей и соединений при назначении шероховатости можно воспользоваться табл. 58.

С учетом тенденции к постоянному повышению качества и обеспечения конкурентоспособности рекомендуем принимать нижние, то есть меньшие численные значения параметров шероховатостей из приведенного диапазона; конечно, при этом нельзя забывать о технологических возможностях производства.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться путем указания: 1) параметра шероховатости (одного или нескольких); 2) числовых значений выбранных параметров; 3) базовых длин, на которых происходит определение указанных параметров.

На практике применяются три варианта указания числовых значений параметра (параметров) шероховатости: 1) наибольшим значением; 2) диапазоном значений; 3) номинальным значением.

Наиболее распространенным применительно к деталям машин является вариант, когда указано числовое значение параметра, соответствующее наиболее грубой допускаемой ше-

роховатости, т. е. Наибольшему предельному значению для параметров Ra , Rz , R_{max} , S_m , S и наименьшему предельному значению параметра t_p .

В отдельных случаях, когда для правильного функционирования недопустима и слишком гладкая поверхность, применяется второй вариант, при котором указан диапазон параметра: наибольший и наименьший предельные значения.

Третий вариант применяется реже, в основном для образцов сравнения шероховатости поверхности или для образцовых деталей, служащих для этих же целей. При этом варианте указывается номинальное значение параметра с допустимыми предельными отклонениями от него (%). Установление требований к шероховатости поверхности указанием номинальных значений параметра обеспечивает наиболее строгий метрологический контроль.

Таблица 58 — Примеры нормирования шероховатости поверхности деталей

Характеристика поверхности			Значение параметра R _а . мкм, не более					
Посадочные поверхности сменных деталей	Квалитет	Поверхность	Номинальные размеры, мм					
			До 50		Св. 50 до 500			
	5	Вал	0.2		0.4			
		Отверстие	0.4		0,8			
	6	Вал	0.4		0,8			
		Отверстие	0.4-08		0,8-1,6			
	7	Вал	0.4-0.8		0,8-1,6			
Отверстие		0.8		1,6				
8	Вал	0.8		1,6				
	Отверстие	0.8-1.6		1,6-3,2				
Поверхности деталей в посадках с натягом			См. табл. 14 разд. 4					
Поверхности деталей при селективной сборке		Поверхность	Допуск сортировочной группы, мкм					
			<2.5	2.5	5	10	20	
		Вал	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	
Поверхности деталей для посадок с точным центрированием		Поверхность	Допуск радиального биения, мкм					
			2,5	4	6	10	16	25
		Вал	0,05	0,1	0,1	0,2	0,4	0,8
		Отверстие	0,1	0,2	0,2	0,4	0,8	1,6
Посадочные поверхности подшипников скольжения	Поверхность	Квалитеты			Жидкостный режим трения			
		6-9	10-12					
	Вал	0,4-0,8		0,8-3,2		0,1-0,4		
	Отверстие	0,8-1,6		1,6-3,2		0,2-0,8		

Продолжение таблицы 58

Характеристика поверхности		Значение параметра R _a , мкм, не более				
Поверхности под подшипники качения		См. табл.57				
Поверхности цилиндров, поршней, золотников гидравлических систем	Поверхность	Высокое давление		Обычное исполнение	Низкое давление	
		Диаметр, мм				
		До 10	Св. 10			
	Вал	0,025	0,05	0,1	0,2	
Отверстие	0,05	0,1	0,2	0,4		
Поверхности осей и валов под уплотнения	Уплотнение	Скорость, м/с				
		До 3		5	Св.5	
	Резиновое	0,8-1,6; полировать		0,4-0,8; полировать		0,2-0,4; полировать
	Войлочное	0,8-1,6; полировать			-	
	Лабиринтовое	3,2-6,3			-	
	Жировые канавки	3,2-6,3			-	
Поверхности направляющих: скольжения качения	Скорость, м/с	Допуск плоскостности, мкм (на 100 мм)				
		До 6	10	25	60	Св. 60
	До 0,5	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
	Св. 0,5	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6
	До 0,5	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6
	Св. 0,5	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
Поверхности торцевых опор (пят и подпятников)	Скорость, м/с	Допуск торцевого биения, мкм				
		До 6	16	25	Св. 25	
	До 0,5	0,1	0,4	0,8-1,6	3,2	
Св. 0,5	0,1	0,2	0,8	1,6		
Поверхности сферических опор		Допуск формы профиля, мкм				
		До 30			Св. 30	
		0,8			1,6	
Торцевые опорные поверхности неподвижных стыков (фланцевые соединения и т.п.)		Допуск перпендикулярности, мкм (на длине 100 мм)				
		До 25		60	Св. 60	
		1,6	3,2	6,3		

Продолжение таблицы 58

Характеристика поверхности			Значение параметра R _a . мкм, не более				
Поверхности разъема корпусов (редукторов, подшипников и т.п.)		Соединение	С прокладкой		Без прокладки		
		Герметичное	3,2-6,3		0,8-1,6		
		Негерметичное	6,3-12,5		6,3-12,5		
Поверхности кронштейнов, втулок, поводков, колец, ступиц, крышек и аналогичных деталей, прилегающих к другим поверхностям, но не являющиеся посадочными			3,2-6,3				
Рабочие поверхности кулачков и копиров		Сопряжение	Допуск формы профиля, мкм				
			До 6	30	50	Св. 50	
		С ножами или сухарями	0,4	0,8	1,6	3,2	
		С роликами	0,8	1,6	3,2	6,3	
Рабочие поверхности шкивов плоско- и клиноременных передач			Диаметр шкива, мм				
			До 120	Св. 120 до 315		Св. 315	
			1,6	3,2		6,3	
Рабочие поверхности катков фрикционных передач			В зависимости от габарита и условий работы 0,2-0,8				
Рабочие поверхности фрикционных		Колодки, муфты, диски	Колодки	Муфты		Диски	
			1,6-3,2	0,8-1,6		0,1-0,8	
		Тормозные барабаны	Диаметр барабана, мм				
			До 500		Св. 500		
			0,8-1,6		1,6-3,2		
Рабочие поверхности конических соединений			Соединения				
			герметичные	центрирующие	прочие		
			0,1-0,4	0,4-1,6	1,6-6,3		
Соединения с призматическими и сегментными шпонками	Соединение	Поверхность	Шпонка	Паз вала		Паз втулки	
	Неподвижное	Рабочая	3,2	1,6-3,2		1,6-3,2	
		Нерабочая	6,3-12,5	6,3-12,5		6,3-12,5	
	С направляющей шпонкой	Рабочая	1,6-3,2	1,6-3,2		1,6-3,2	
		Нерабочая	6,3-12,5	6,3-12,5		6,3-12,5	

Продолжение таблицы 58

Характеристика поверхности		Значение параметра R _a , мкм, не более								
Шлицевые соединения	Вид соединения	Центрирующие поверхности				Нецентрирующие поверхности				
	Подвижное Неподвижное	Отверстие		Вал		Отверстие		Вал		
		0,32-1,25	0,16-0,63 0,32-1,25		1,25-2,5 1,25-5,0		0,63-2,5 0,63-5,0			
Резьбовые соединения	Рабочие поверхности резьбы	Степень точности резьбы								
		4: 5		6: 7		7-9				
	Крепежная резьба на болтах, винтах и гайках	1,6		3,2		3,2-6,3				
	Резьба на валах, штоках, втулках и т.д., а также на конусах (коническая)	0,8-1,6		1,6		3,2				
	Резьба ходовых и грузовых винтов	-		0,4		0,8				
	Резьба гаек ходовых и грузовых винтов	-		0,8		1,6				
Зубчатые и червячные передачи	Поверхности	Степень точности								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Профили зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических и червячных колес	0,1-0,2	0,2-0,4		0,4	0,4-0,8	1,6	3,2	6,3	6,3
	Профили зубьев конических колес	-	-	0,2-0,4	0,4-0,8		0,8-1,6	1,6-3,2	3,2-6,3	6,3
	Профили витков червяков	0,1	0,2	0,2	0,4	0,4-0,8	0,8-1,6	1,6-3,2	-	-
	По диаметрам впадин	То же, что и для рабочих поверхностей, или ближайшее более грубое предпочтительное значение								
	По диаметрам выступов	3,2-12,5								
Звездочки для приводных цепей	Поверхности	Точность исполнения								
		Нормальная				Повышенная				
	Рабочие	3,2-6,3				1,6-3,2				
	Впадин	6,3				3,2				
	Выступов	3,2-12,5								

Продолжение таблицы 58

Характеристика поверхности	Значение параметра R _a , мкм, не более					
Индексирующие поверхности делительных и установочных устройств, например, поверхности делительных дисков, фиксаторов, упоров и т.п.	Точность фиксации, мкм					
	До 4	6	10	25	63	Св. 63
	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
Нерабочие торцевые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек	3,2-12,5					
Нерабочие поверхности осей и валов	6,3-12,5					
Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т.п.	3,2-12,5					
Проходные отверстия под болты, винты, заклепки и т.п.	25					
Болты и гайки чистые (кругом)	3,2-12,5					
Болты и гайки полустаченные (в местах обработки)	25					
Поверхности головок винтов	3,2-12,5					
Опорные поверхности пружин сжатия	12,5-25					
Кромки деталей под сварные швы	50-100					
Подошвы станин, корпусов, лап	12,5-25					
Поверхности деталей, устанавливаемых на бетонных, кирпичных и деревянных основаниях	100 и выше					
Несопрягаемые поверхности, влияющие на ударную и усталостную прочность	0,2-0,4; полировать					
Поверхности, влияющие на течение паров и газов	Исполнение					
	Особо точное			Обычное		
	0,2; полировать			0,8-1,66		
Поверхности, влияющие на балансировку деталей	Номинальные диаметры, мм					
	До 180		Св. 180 до 500		Св. 500	
	1,6-3,2		6,3		12,5-25	

Продолжение таблицы 58

Характеристика поверхности			Значение параметра R _a , мкм, не более
Открытые (видимые при наружном осмотре) свободные поверхности	Прецизионные шкалы с оптическим отсчетом		0,025-0,05
	Шкалы нормальной точности		0,8-1,6
	Лимбы		0,8
	Поверхности выступающих частей быстро вращающихся деталей (концы и фланцы валов, шпинделей и т.п.)		1,6-6,3
	Поверхности органов управления (рукоятки, ободы маховиков, штурвалы, стержни, кнопки и т.п.). Поверхности указателей, таблиц и другие поверхности, требующие отделки.		0,4-1,6 с указанием полирования или покрытия
	Поверхности, к которым предъявляются достаточно высокие требования в отношении внешнего вида		6,3
	Открытые	Поверхности кронштейнов, муфт, ступиц, сальников, втулок и т.п., не соприкасающиеся с другими поверхностями	
Прочие поверхности		Мелких и средних деталей	3,2-12,5
		Крупных деталей	6,3-25
Закрытые (невидимые при наружном осмотре) свободные механически обработанные и необработанные поверхности			25-100 и выше с указанием покрытия (при необходимости)

Пример. В чертеже зубчатого колеса силовой передачи со степенью точности 8-7-6-B и отверстием $\varnothing 50H7$ назначить шероховатость поверхностей зубьев и отверстия. В соответствии с рекомендациями табл. 58 назначаем:

- в отверстии $R_a = 0,8$ мкм (как для посадочных поверхностей сменных деталей);
- для боковых (рабочих) поверхностей зубьев $R_a = 0,4$ мкм (учитывая, что передача силовая, принимаем шероховатость для указанной степени точности по контакту зубьев, т.е. по 6-й степени);
- для поверхностей впадин зубьев $R_a = 0,8$ мкм;
- для наружной поверхности зубьев $R_a = 3,2$ мкм.
- для нерабочих торцевых поверхностей колеса $R_a = 3,2$ мкм для *базовой* поверхности (эта поверхность является опорной базой при обработке зубьев на зуборезном станке) и $R_a = 12,5$ мкм для других нерабочих поверхностей.

15 ВЫБОР ДОПУСКАЕМЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ, ПАРАМЕТРОВ РАЗБРАКОВКИ И УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Универсальные средства для измерения линейных размеров до 500 мм, а также радиального и торцевого биения поверхностей выбирают по таблицам РД50-99-86 [43 или 46], разработанных с учетом требований ГОСТ 8.051-81

В конечном счете при выборе контрольно-измерительных средств добиваются чтобы погрешность измерения $\Delta_{\text{метр}}$ с помощью выбранного средства не превышала допускаемой погрешности измерения δ по ГОСТ 8.051-81 (табл. 59):

$$\Delta_{\text{метр}} \leq \delta$$

Таблица 59 — Допускаемая погрешность измерения δ , мкм (ГОСТ 8.051-81)

Номинальные размеры, мм	Квалитет										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
До 3	1	1,4	1,8	3	3	6	8	12	20	30	50
Св3 до 6	1,4	1,6	2	3	4	8	10	16	30	40	60
» 6 » 10	1,4	2	2	4	5	9	12	18	30	50	80
» 10 » 18	1,6	2,8	3	5	7	10	14	30	40	60	90
» 18 » 30	2	3	4	6	8	12	18	30	50	70	120
» 30 » 50	2,4	4	5	7	10	16	20	40	50	80	140
» 50 » 80	2,8	4	5	9	12	18	30	40	60	100	160
» 80 » 120	3	5	6	10	12	20	30	50	70	120	180
» 120 » 180	4	6	7	12	16	30	40	50	80	140	200
» 180 » 250	5	7	8	12	18	30	40	60	100	160	240
» 250 » 315	5	8	10	14	20	30	50	70	120	180	260
» 315 » 400	6	9	10	16	24	40	50	80	120	180	280
» 400 » 500	6	9	12	18	26	40	50	80	140	200	320

Примечание. Не следует забывать, что погрешность измерения контрольно-измерительного средства — это общая погрешность измерения, куда входят погрешности самого измерительного средства, установочных мер, погрешности, зависящие от измерительного усилия и т.д. (см. , например, [40, раздел 7]).

Для проведения измерений с погрешностями, не превышающими допускаемого ГОСТ 8.051—81 значения, необходимо иметь сведения о значениях погрешностей измерения различными измерительными средствами в различных условиях их применения. Такие сведения о погрешностях измерения измерительными средствами, серийно выпускаемыми специализированными заводами, даны табл. I и II (здесь и далее ссылки на таблицы [43 и 46]).

В табл. I приведены сведения о погрешностях измерения различными измерительными средствами наружных размеров, размеров уступов и величин биения, а в табл. II — сведения о погрешностях измерений внутренних размеров.

Погрешности измерений в табл. I и II указаны без знаков т. е. указаны абсолютные значения предельных погрешностей измерения единичным измерительным средством, другими словами, даны предельные значения, на которые результаты измерений могут отличаться от истинного значения измеряемой величины.

Варианты использования измерительных средств отличаются различной погрешностью средств измерений при использовании их на различных пределах измерения. Для некоторых измерительных средств варианты использования приведены в зависимости от класса и разряда концевых мер длины, применяемых для настройки. Для стрелочных отсчетных головок при измерении биений, т. е. колебаний размеров, варианты использования установлены в за-

висимости от применяемых штативов и стоек, а при измерении размеров — в зависимости от вида контакта.

Для всех измерительных средств указан температурный режим измерения. Эти значения в общем случае нельзя относить ни к отклонениям, ни к колебаниям температуры окружающей среды в процессе измерения.

В табл. II, где указаны погрешности измерений внутренних размеров существующими измерительными средствами, учитывается шероховатость поверхности измеряемой детали. При определении погрешности измерений учитывались субъективные погрешности отсчитывания показаний.

Выбрать конкретное измерительное средство можно по табл. I и II в зависимости от измеряемого размера, допуска на изготовление и допускаемой погрешности измерения по ГОСТ 8.051—81. Однако по табл. I и II трудно выявить весь комплекс измерительных средств, которые можно использовать для измерения с допускаемой погрешностью.

Для упрощения процесса выбора конкретных измерительных средств составлены табл. V—IX. В левой части таблиц указаны диапазоны номинальных размеров, сверху качества, от IT2 до IT17, а на пересечении горизонтальных полос и вертикальных колонок указаны в виде дроби допускаемые погрешности измерений (числитель) и допуски на изготовление (знаменатель). Под ними номерами и буквами из таблиц I на II указаны измерительные средства и варианты их использования, при которых погрешность измерений не превышает допускаемых значений.

Для измерений внутренних размеров, а также глубин и уступов (в табл. VII и VIII) указана практически вся возможная номенклатура универсальных измерительных средств.

При этом часть диапазонов номинальных размеров в некоторых качествах не обеспечена универсальными измерительными средствами. Для измерения этих размеров должны проектироваться специальные измерительные средства и разрабатываться соответствующие методики измерения.

Пример выбора измерительных средств.

На чертеже детали указан наружный диаметр $16 h 5$. Требуется выбрать средство измерения этого размера. В зависимости от конфигурации и габаритов детали и требований к методике выполнения измерения следует решить вопрос о выборе *накладного* или *станкового* измерительного средства.

Предполагается, что схема и методика выполнения измерения выбраны таким образом, что методическая погрешность сведена до пренебрежимо малой величины.

Выбор *накладного* средства измерений производим по табл. VI. В графе, соответствующей 5 качеству, для диапазона размеров св. 10 до 18 мм находим обозначение «бв». В табл. I под номером 6 указаны микрометр рычажный и скоба рычажная. Буквой «в» обозначены условия измерения: настройка на размер должна производиться по концевым мерам длины 2 класса, при использовании отсчета в пределах ± 10 делений шкалы; температурные условия характеризуются температурным режимом 5°C, при обеспечении надежной теплоизоляции от рук оператора. Сделана оговорка, что контакт измерительных поверхностей с деталью должен быть плоскостным или линейчатым. В данном случае, измеряемая поверхность цилиндрическая, последнее условие выполняется.

Выбор *станкового* средства измерения производим по табл. V. В графе, соответствующей 5 качеству, для диапазона размеров св. 10 до 18 мм находим группу обозначений: 9б, 10а, 15а, 20 б, 21 а, 34 а, 36 б. По табл. I устанавливаем, что номерами 9 и 10 обозначены рычажно-зубчатые головки с ценой деления 2 и 1 мкм, 15 — микрокатор с ценой деления 2 мкм, 20 и 21 — пружинные малогабаритные головки с ценой деления 2 и 1 мкм, 34 — вертикальный и горизонтальный длиномеры, 36 — показывающий прибор с индуктивным преобразователем. Из указанных приборов выбираем тот, который имеется в наличии, который проще в обращении и к условиям применения которого предъявляются менее жесткие требования.

Например, выбрана рычажно-зубчатая головка с ценой деления 1 мкм. В табл. 1.8 буквой «а» для нее обозначены следующие условия применения: установка в штативе с диаметром колонки не менее 30 мм и наибольшим вылетом до 200 мм (этим условиям удовлетворяют штативы Ш-11Н и ШМ-11Н), настройка по концевым мерам длины 5 разряда, температурный режим 2°С. Настройка на размер может производиться на произвольное деление, а отсчет может использоваться в пределах $\pm 0,05$ мм, т. е. в пределах всей шкалы.

Материалы ГОСТ 8.051-81 позволяют оценить влияние погрешности измерения на погрешности разбраковки, которые могут иметь место при тех или иных погрешностях измерения с учетом точности технологических процессов. Погрешности разбраковки (параметры разбраковки), т. е. вероятности неправильного принятия деталей m , неправильного забракования деталей n , а также вероятные предельные значения c выхода за границу допуска у деталей, неправильно принятых, c приведены ниже в табл. 60 и на графиках (рис. 33, 34).

Таблица 60 — Наибольшие значения параметров m , n и c в зависимости от значения A мет (σ) (по ГОСТ 8.051-81)

$A_{\text{мет}} (\sigma)$	$m, \%$	$n, \%$	c/T
1,6	0,37-0,39	0,7-0,75	0,01
3	0,87-0,9	1,2-1,3	0,03
5	1,6-1,7	2,0-2,25	0,06
8	2,6-2,8	3,4-3,7	0,1
10	3,1-3,5	4,5-4,75	0,14
12	3,75-4,1	5,4-5,8	0,17
16	5,0-5,4	7,8-8,25	0,25

Примечания:

1. Значения m и n приведены в процентах от общего количества измеренных деталей; первые значения соответствуют распределению погрешностей измерения по нормальному закону, вторые — по закону равной вероятности.
2. T — допуск размера измеряемой детали.

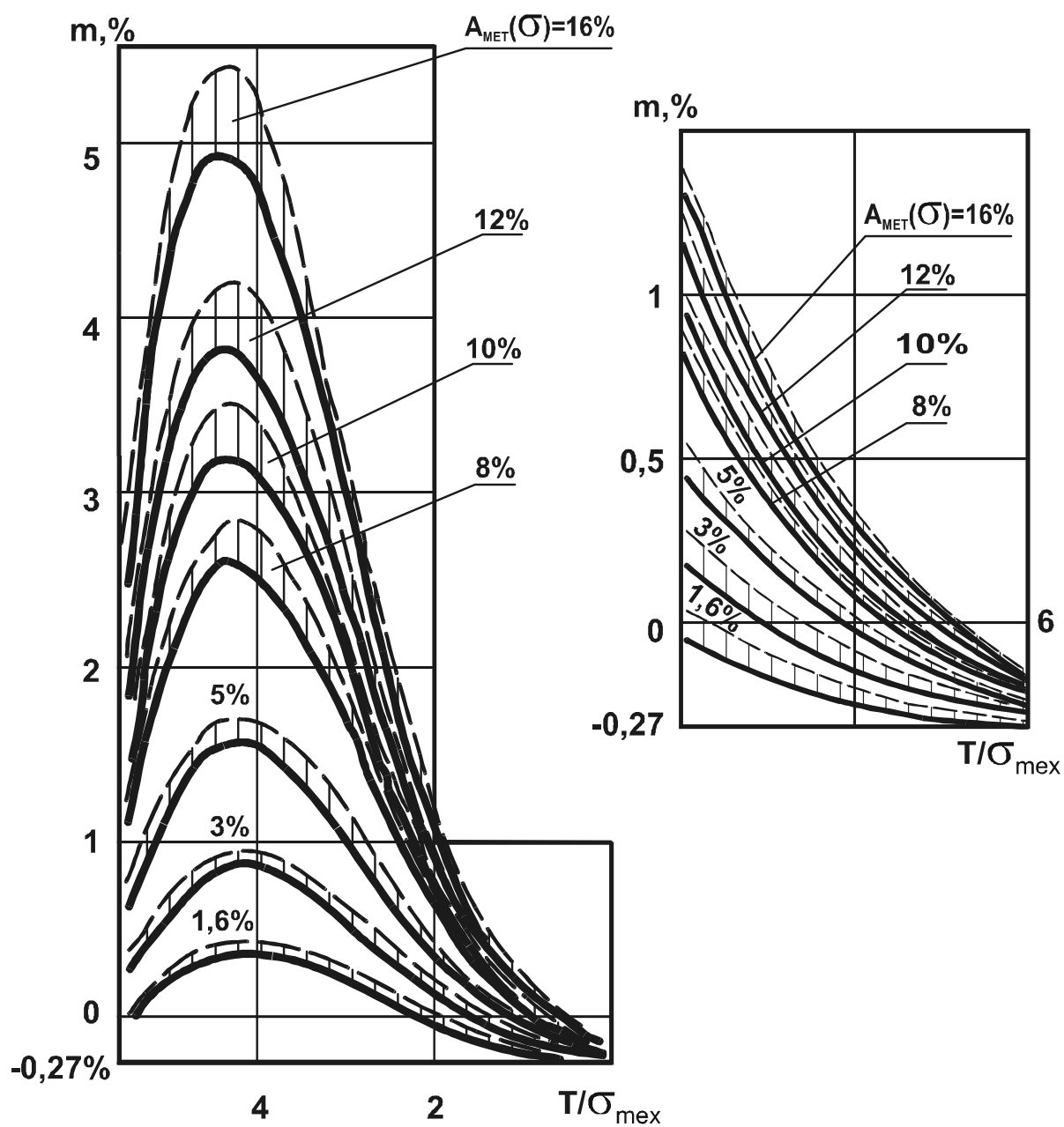


Рисунок 33 — Графики зависимости числа неправильно принятых деталей в процентах от общего числа измеренных

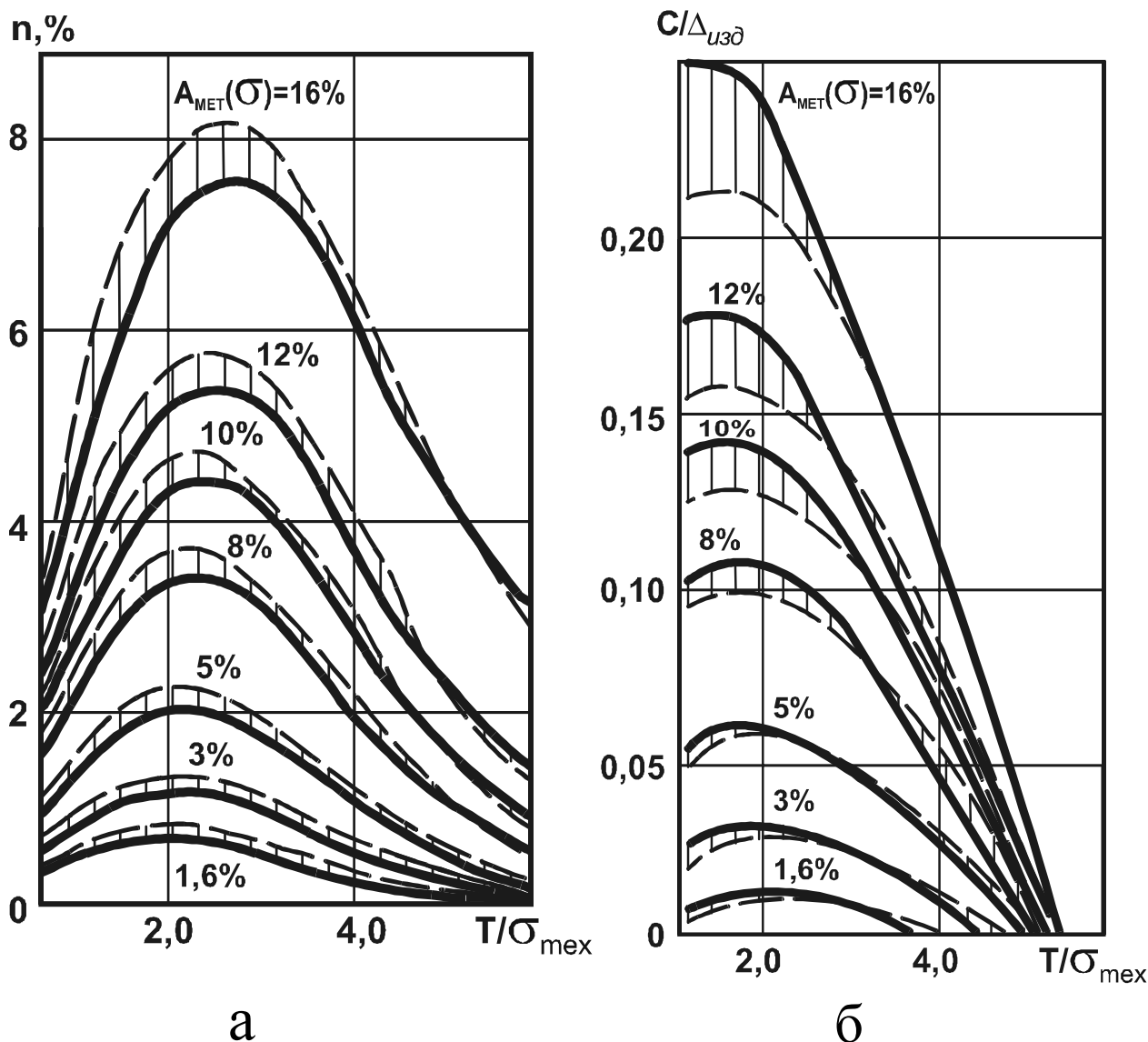


Рисунок 34 — Графики зависимостей числа неправильно забракованных деталей в процентах от общего числа измеренных (а) и вероятностных величин выхода размера за предельные у неправильно принятых деталей (б)

Вероятностные величины параметров разбраковки, приведенные в. приложении к ГОСТ 8.051-81, выражены в процентах от общего числа измеренных деталей. Однако существуют некоторые задачи, когда для определения вероятных результатов разбраковки более удобно оценивать влияние погрешности измерения в зависимости от общего числа принятых или годных деталей. Так, например, для конструктора при недостаточной или неизвестной точности технологического процесса более важно знать процент неправильно принятых деталей от числа принятых (m_1), а для технолога процент неправильно забракованных годных деталей от общего числа годных (n_1). Вероятные предельные значения выхода за границу поля допуска у деталей, неправильно принятых, в этом случае целесообразно оценивать, пренебрегая появлением в числе принятых деталей со значениями выхода большими, чем C_1 , если они составляют не более 0,27 % от числа годных, а не от общего числа проверенных.

На рис. 35-50 изображены графики для определения параметров разбраковки m_1 , n_1 , c_1 при приведенных выше условиях. Сопоставление графиков, изображенных в приложении к ГОСТ 8.051-81 (см. рис. 34-35), содержащих значения m , n , c с графиками, приведенными, на рис. 35-40 дает возможность определить их отличия и совпадения, а также установить возможные области их применения.

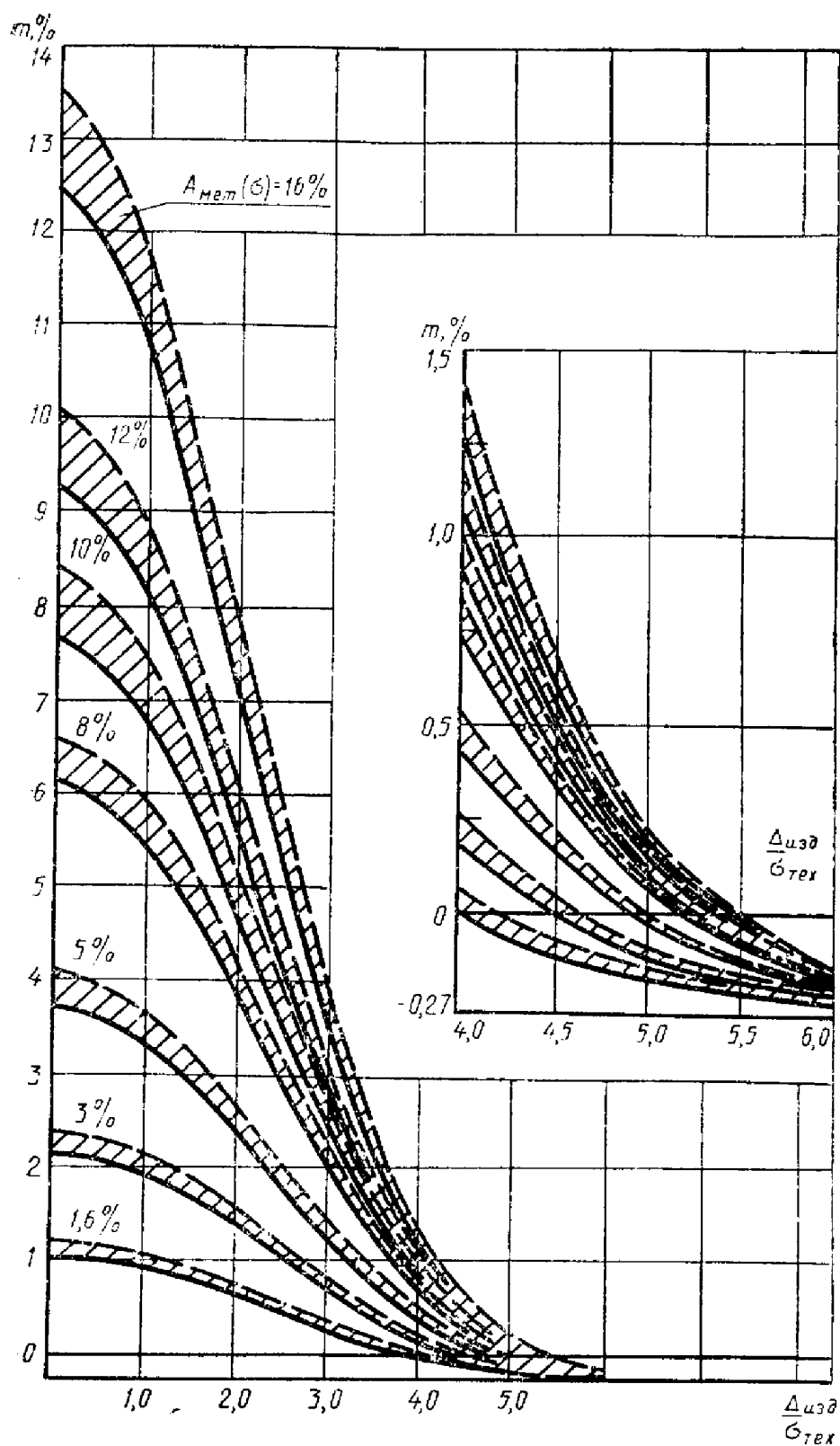


Рисунок 35 — Графики определения количества неправильно принятых деталей в процентах от количества принятых. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону нормального распределения (центр группирования технологического распределения совмещен с серединой поля допуска)

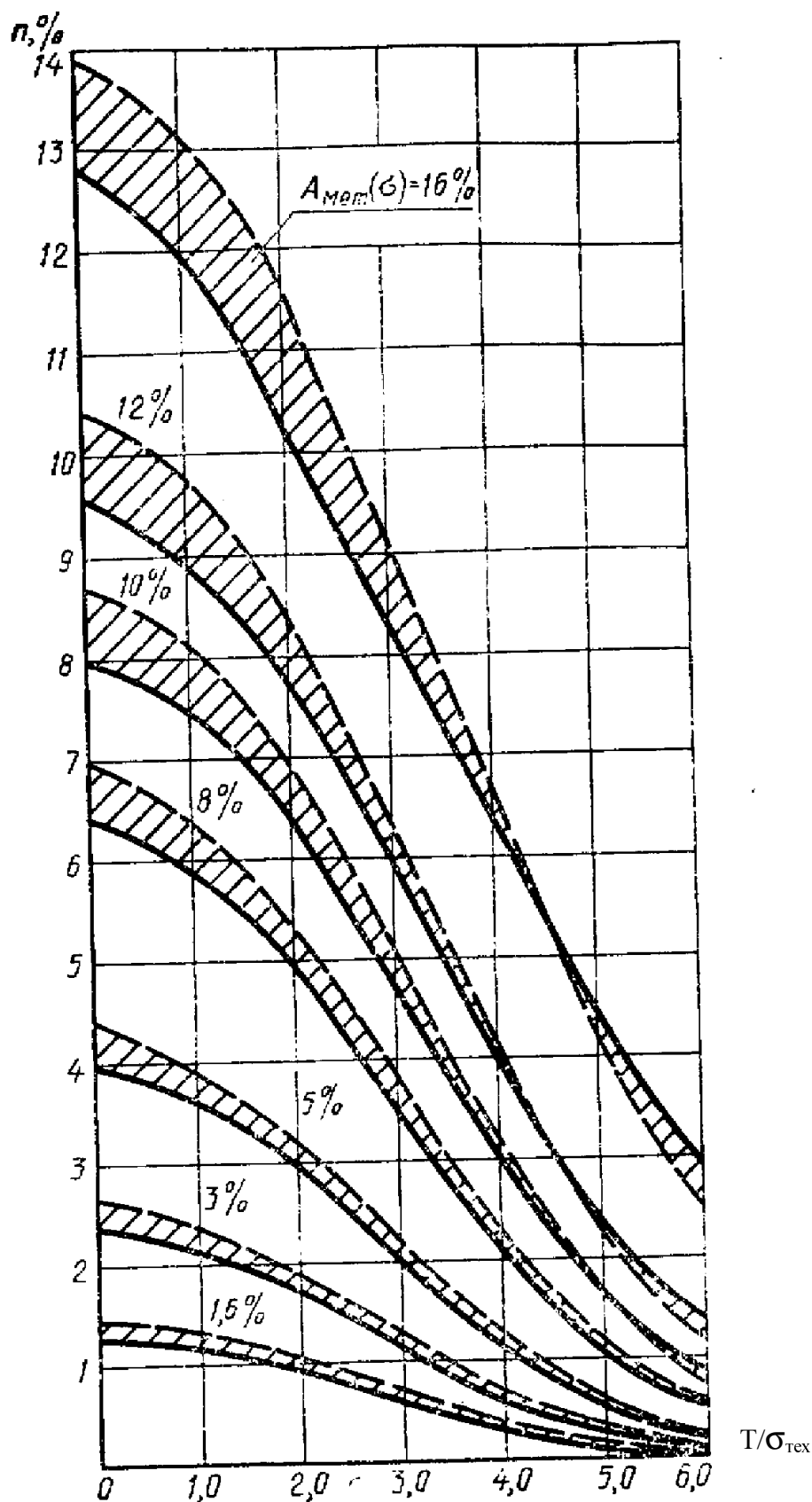


Рисунок 36 — График для определения количества неправильно забракованных деталей в процентах от количества годных. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону нормального распределения (центр группирования технологического распределения совмещен с серединой поля допуска)

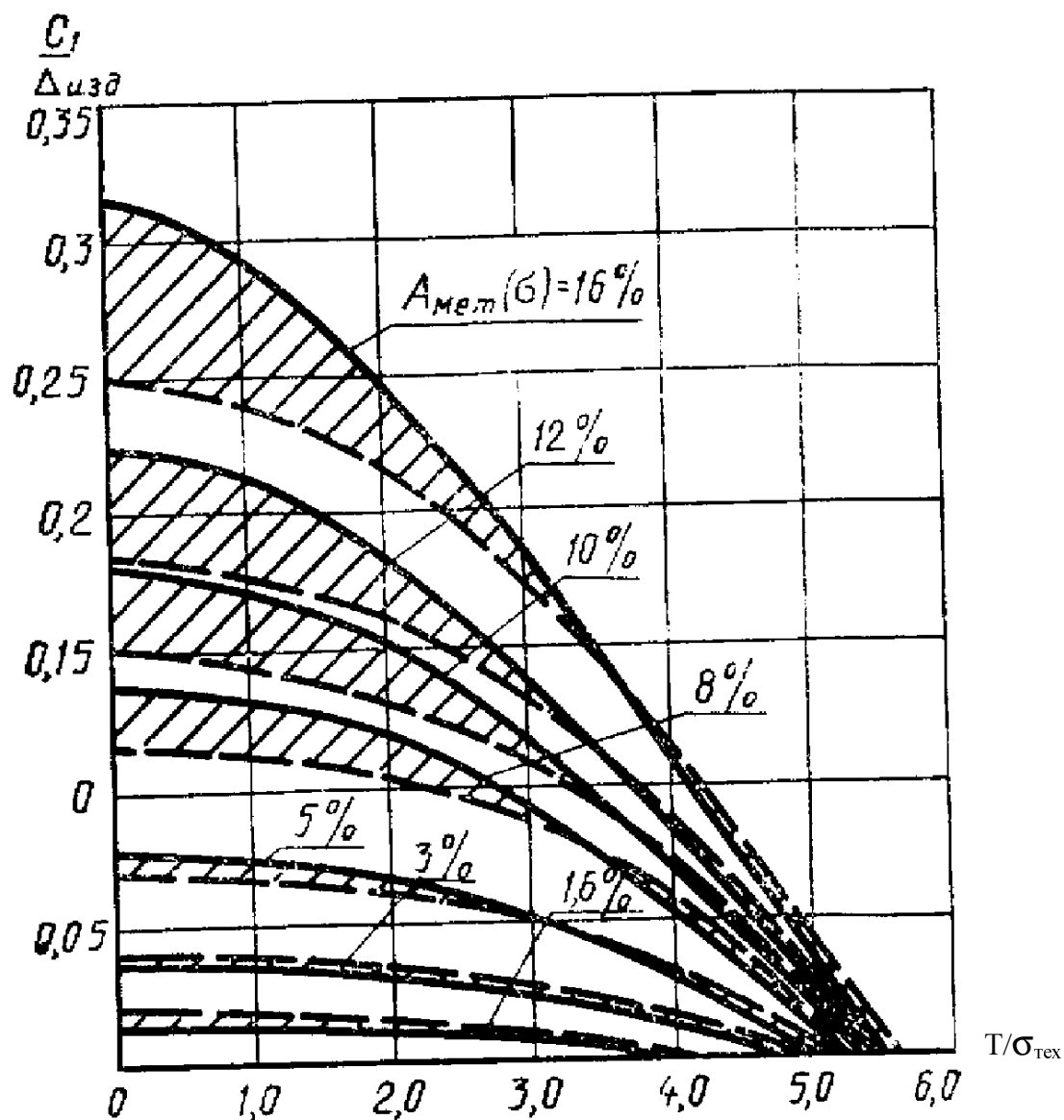


Рисунок 37 — График для определения предельной величины выхода размера неправильно принятых деталей за границу поля допуска (с процентом риска 0,27% от количества принятых деталей). Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону нормального распределения (центр группирования технологического распределения совмещен с серединой поля допуска)

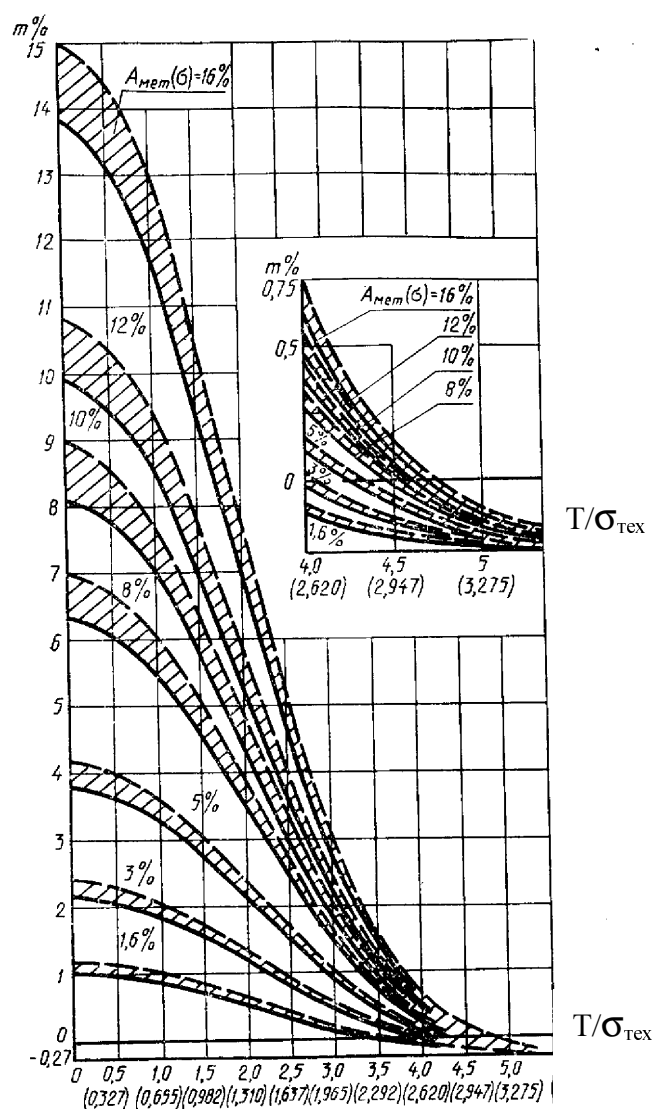


Рисунок 38 — График для определения количества неправильно принятых деталей в процентах от количества принятых. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону распределения существенно положительных величин

Примечание. На графиках 33-40 кривые, обозначенные сплошными линиями, соответствуют варианту, когда погрешности измерения подчиняются закону нормального распределения, а пунктирной — закону равной вероятности.

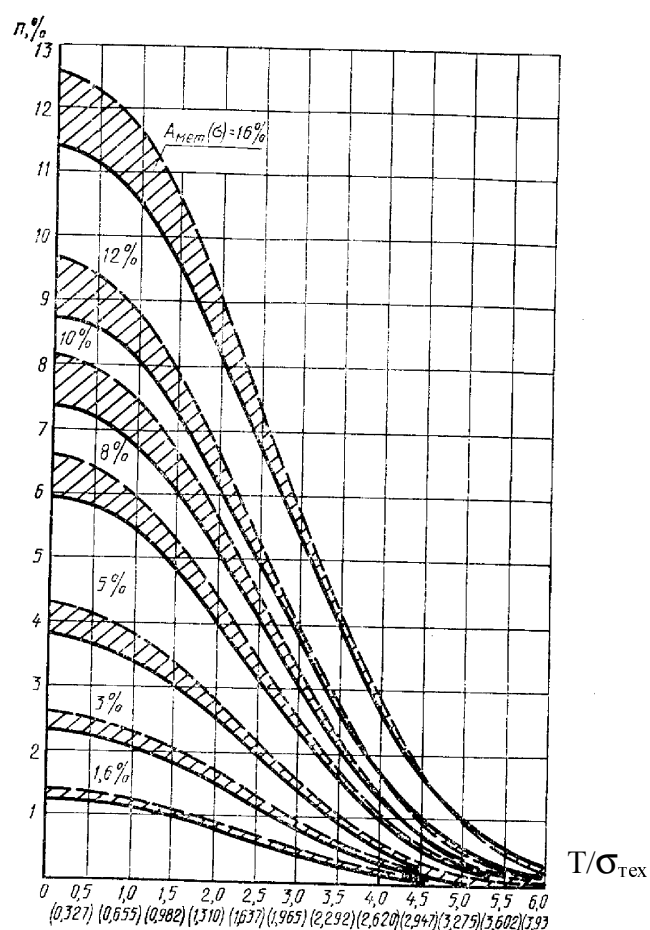


Рисунок 39 — График для определения количества неправильно забракованных деталей в процентах от количества годных. Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону распределения существенно положительных величин

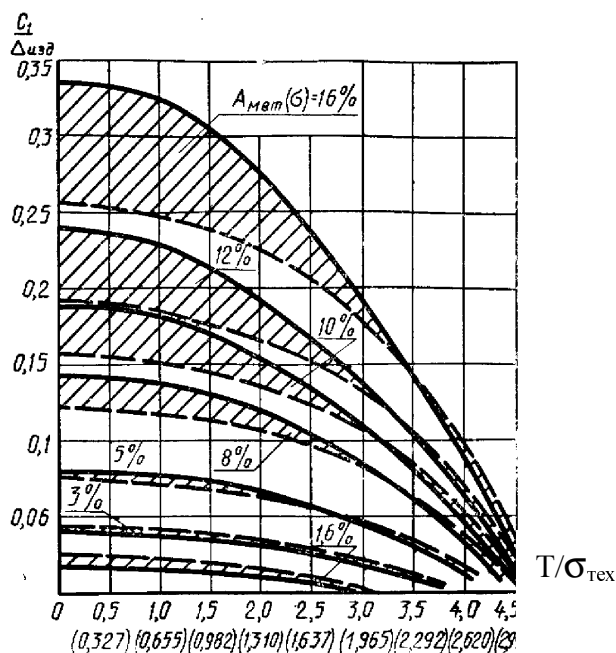


Рисунок 40 — График для определения предельной величины выхода размера неправильно принятых деталей за границу поля допуска (с процентом риска 0,27% от количества принятых деталей). Отклонения контролируемых параметров подчиняются закону распределения существенно положительных величин

Предельные значения величин m_1 и n_1 даны в таблице 61.

Таблица 61 — Предельные значения m_1 и n_1

$A_{мет}(\sigma)$	Закон распределения контролируемых параметров							
	нормальный				существенно положительных величин			
	Закон распределения погрешности измерения							
	нормальный		равной вероятности		нормальный		равной вероятности	
	m_1	n_1	m_1	n_1	m_1	n_1	m_1	n_1
1,6	1,01	1,28	1,11	1,33	1,03	1,24	1,12	1,37
3	2,12	2,39	2,33	2,60	2,17	2,30	2,35	2,54
5	3,71	3,98	4,06	4,33	3,79	3,82	4,16	4,19
8	6,11	6,38	6,66	6,93	6,35	5,96	6,97	6,60
10	6,71	7,98	8,38	8,65	8,13	7,38	8,88	8,15
12	9,31	9,58	10,13	10,40	9,91	8,72	10,83	9,66
16	12,53	12,80	13,58	13,85	13,81	11,40	14,85	12,56

Для использования графиков при определении значений величин m и n или m_1 и n_1 необходимо иметь данные о точности технологического процесса, знать закон технологического распределения и величину σ_{max} . При отсутствии таких данных иногда можно использовать в расчете экстремальные значения m и n , беря их из таблицы 60. При этом получаются завышенные результаты, хотя в расчете учитывается только разность параметров. В некоторых случаях для расчета можно принять ориентировочные соотношения между погрешностью технологического процесса и допуском на изготовление. Эти данные принимают на основе анализа точности, используемых в конкретном производстве технологических процессов при изготовлении деталей определенной точности.

16 НАЗНАЧЕНИЕ ПРИЕМОЧНЫХ ГРАНИЦ ПРИ КОНТРОЛЕ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

В соответствии с ГОСТ 8.051-81 предусматриваются два способа установления приемочных границ, то есть значений размеров, по которым производится приемка готовых изделий.

Для этого, прежде всего, устанавливают относительную точность измерения $A_{мет(\sigma)}$. Как правило, для квалитетов точности размеров 5-7 принимают $A_{мет(\sigma)} = 16\%$, для квалитета 8 — $A_{мет(\sigma)} = 12\%$, для квалитета 10 и грубее — $A_{мет(\sigma)} = 10\%$ (если заказчик не настаивает на ином варианте).

1-й способ. Приемочные границы устанавливают совпадающими с предельными размерами.

Пример. При проектировании вала $\varnothing 100$ мм установлено, что в соответствии с условиями эксплуатации рационально назначить поле допуска h6, то есть записать в чертеже размер $\varnothing 100h6(-0,022)$. Допуск размера $T=0-(-22)=22$ мкм.

В соответствии с ГОСТ 8.051-81 см. табл. 59 допускаемая погрешность измерения такого размера вала составляет 0,006 мм.

При данной точности вала принимаем $A_{мет(\sigma)} = 16\%$.

В соответствии с табл. 60 устанавливаем, что при $A_{мет(\sigma)} = 16\%$ и неизвестной точности технологического процесса $m = 5,2\%$ и $c = 0,25 \cdot T$, то есть среди годных деталей может оказаться до 5,2% неправильно принятых деталей с предельными отклонениями до +0,0055 и -0,0275 мм. Если полученные данные, как считает конструктор, не повлияют на эксплуатационные показатели вала, то на чертежах указывают первоначально выбранный квалитет. В противном случае выбирают более точный квалитет или другое поле допуска в этом квалитете.

2-й способ. Приемочные границы смещают внутрь относительно предельных размеров.

Таким образом, в этом случае вводится производственный допуск при изготовлении деталей [40, раздел 7].

При введении производственного допуска могут быть два варианта в зависимости от того, известно или неизвестно точность технологического процесса.

Вариант 1. При назначении предельных размеров точность технологического процесса неизвестна. В соответствии с рекомендациями ГОСТ 8.051-81 предельные размеры изменяют на половину допускаемой погрешности измерения. В нашем примере, следовательно, устанавливают размер вала $\varnothing 100_{-0,019}^{-0,003}$.

Вариант 2. При назначении предельных размеров точность технологического процесса известна. В этом случае предельные размеры уменьшают на величину параметра c (см. табл. 60).

Предположим, что для рассматриваемого примера точность технологического процесса характеризуется соотношением $\frac{T}{\sigma_{тех}} = 4$ (при изготовлении имеется вероятность появления 4,5% брака по обеим границам – [40, разделы 1 и 5.4]).

Как и прежде, $A_{мет(\sigma)} = 16\%$. В соответствии с графиком (см. рис. 35, б) находим $c = 0,1 \cdot T = 0,0022$ мм.

С учетом данных диаметр вала принимают $\varnothing 100_{-0,020}^{-0,002}$.

Расположение приемочных границ по трем рассмотренным случаям показано на рисунке 41.

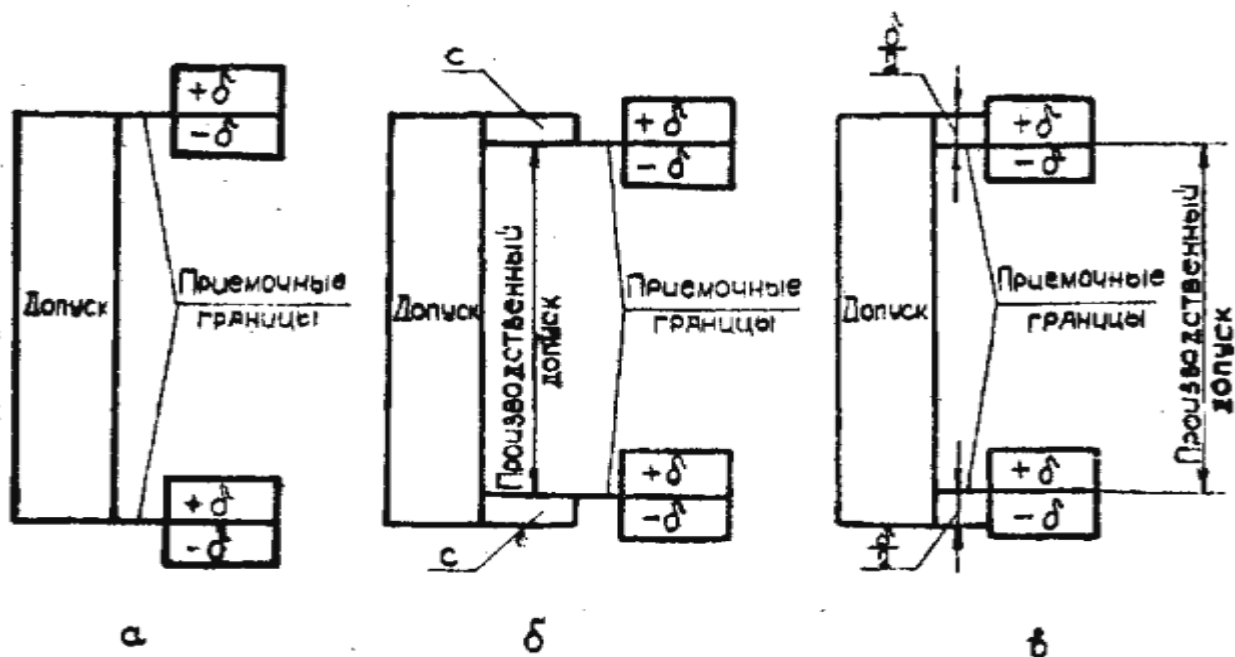


Рисунок 41 — Расположение приемочных границ (варианты) для размера вала $\varnothing 100h6$, совпадающих с предельными размерами (а) и смещенных внутрь относительно предельных размеров (б и в)

В чертеже детали может быть проставлен размер $\varnothing 100h6$ в обоих вариантах второго способа, но в технических условиях делается запись:

«При контроле размера $\varnothing 100h6$ вводится производственный допуск: размер должен быть не более $\varnothing 99,997$ мм ($\varnothing 99,998$ мм при 2-м варианте) и не менее $\varnothing 99,981$ мм ($\varnothing 99,980$ мм при 2-м варианте)».

17 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

При изготовлении зубчатых колес нет необходимости обеспечивать контроль всех параметров зацепления.

По ГОСТ 1643-81 для цилиндрических зубчатых колес по каждой из этих трех норм точности предусмотрены равноправные комплексы показателей точности, в каждый из которых входят один или два показателя.

Поэтому изготовителю предоставляется возможность выбрать такие комплексы, которые соответствуют данному технологическому процессу изготовления колеса и имеющимся средствам измерения. Некоторые рекомендации по назначению параметров контроля приведены в [54].

Для выбора необходимых средств контроля точности зубчатых колес можно воспользоваться следующей таблицей.

Таблица 62 — Технические характеристики контрольно-измерительных средств для цилиндрических зубчатых колес

Прибор	Тип и модель	Зубчатые колеса				Цена деления, мм	Допускаемая погрешность, мм	Габаритные размеры (без электронного блока), мм
		Контролируемые параметры	Модель, мм	Диаметр делительной окружности, мм	Степень точности			
Приборы для измерения кинематической погрешности зубчатых колес								
Для контроля кинематической погрешности зубчатых колес пары	БВ-5058	$F'_{ir}; f'_{ir}$	1-8	20-300; 60-160 ^{*1}	3-8	1,5-96''	0,004-0,012	1560×1225× ×1360
	БВ-5094			20-320; 60-250 ^{*1}				
Для измерения кинематической погрешности (без измерительных колес)	—	$F'_{ir}; f_{ir}$ $f_{fr}; F_{pr};$ $f_{ptr}; f_{rbr}$	До 8	20-320	3-8	0,001	—	—
Комплекс для контроля кинематической погрешности упорно-габаритных зубчатых колес (пары)	БВ-5102	$F'_{ir}; f_{ir}$	От 1 и более	Не ограничивается	—	0,5''; 0,75'', 2; 4; 8; 16; 32; 64;	(2+0,1D) D – диапазон измерения	Ø 280×180 ^{*2}
Межосемеры								
Межосемер по ГОСТ 10387-81, ТУ 2-034-515-80	МЦ-160М	$F''_{ir}; f''_{ir};$ $+E''_{as};$ $-E''_{as};$	0,15-1 0,3-1 ^{*1}	5-200 40-150 ^{*1}	5-8	0,001	—	800×400× ×620

Продолжение таблицы 52

Прибор	Тип и модель	Зубчатые колеса				Цена деления, мм	Допускаемая погрешность, мм	Габаритные размеры (без электронного блока), мм
		Контролируемые параметры	Модель, мм	Диаметр делительной окружности, мм	Степень точности			
Межосемер по ТУ 2-034-403-84	МЦ-400У	$F_{ir}''; f_{ir}''$ $+ E_{as}''$ $- E_{as}''$	1-10	20-320; 60-250 ^{*1}	5-8	0,002		1320×400× ×1130
Эвольвентомеры								
Универсальный эвольвентомер	КЭУМ	f_{fr}	1-10	20-320; 60-250 ^{*1}	7-12	0,0010	0,002	700×862× ×1170
Универсальный эвольвентомер с устройством для контроля винтовой линии (с холодомером)	БВ-5062	$f_{fr};$ $F_{\beta r}$	4-12	20-340; 60-250 ^{*1}	3-8	0,0001; 0,0020	0,001 (для f_{fr}) 0,002 (для $F_{\beta r}$)	1350×1025 ×1730
Универсальные приборы для измерения зубчатых колес								
Универсальный автоматический для поэлементного контроля по ТУ 2-034-362-81	27501	$F_{pr}; F_{pkr}$ $F_{rr}; f_{ptr}$ $f_{pbr}; f_{vptr}$ $F_{vwr}; E_{wr}$	0,2-18	20-400; 60-250 ^{*1}	3-8	0,0005; 0,001	0,001	1000×1300 ×1850 (без электронного блока)
Для автоматического контроля шага и накопленной погрешности по ГОСТ 5368-81	БВ-5090 (27700)	$F_{pr};$ $F_{pkr};$ f_{ptr}	1-8	20-320	3-8	1'' и 0,0005	0,0015-0,004	1080×1010 ×1505

Продолжение таблицы 52

Прибор	Тип и модель	Зубчатые колеса				Цена деления, мм	Допускаемая погрешность, мм	Габаритные размеры (без электронного блока), мм
		Контролируемые параметры	Модель, мм	Диаметр делительной окружности, мм	Степень точности			
Для контроля крупногабаритных зубчатых колес по ГОСТ 5368-81, ТУ 2-034-542-80	БВ-5077	$F_{rr}''; f_{ir}'';$ $+E_{as}'';$ $-E_{as}''$ $F_{rr}; f_{vptr}$ $F_{\beta r}$	2-16	320-1250 500-1000*1	≥ 4	0,001;0,02; 0,01	0,005	1750×2190 ×1230
Для автоматического измерения шага зубчатых колес по ГОСТ 5368-81	—	$F_{pr};$ $F_{pkr};$ f_{ptr}	≤ 16	200-800	3-8	0,001	—	—
Для контроля зубчатых колес по ТУ 2-034-544-81	ЗИП-1	$f_{vptr};$ $F_{vwr}; F_{rr}$ $E_{wmr}; E_{wr}$	1-8	20-320	≥ 6	0,001	0,0035-0,010	800×560× ×990
Шагомеры (накладные)								
Шагомер по ГОСТ БВ-5070 5368-81 3883-81 ТУ 2-0324-340-84	БВ-5070	$f_{pbr};$ f_{vptr}	2-28	≥ 20	≥ 5	0,001	0,0025	190×60×
Шагомер по ТУ 2-340-203-84	21704	$f_{pdr};$ f_{vpr}	10-50	—	7-12	0,001	0,0060 (для f_{pbr}) 0,0090 (для f_{vpr})	240×186× ×45
Шагомер по ТУ 2-340-294-84	21802*	$f_{pdr};$	2-10	≥ 200	5-8	0,001	0,0025	150×139× ×60

Продолжение таблицы 52

Прибор	Тип и модель	Зубчатые колеса				Цена деления, мм	Допускаемая погрешность, мм	Габаритные размеры (без электронного блока), мм
		Контролируемые параметры	Модель, мм	Диаметр делительной окружности, мм	Степень точности			
Шагомер полуавтоматический переносной ТУ 2-022-1197-011-84	БВ-5118*	$f_{ptr};$ F_{pr}	1-40	Не ограничивается	3-12	0,0005	—	550×340× ×250 (без электронного блока)
Биениемеры								
Биениемер по ГОСТ 5368-81, ГОСТ 8137-81	Б-10М	$F_{rr};$ $F\beta_r^{*1}$	1-10	20-400; 60-250 ^{*1}	7-12	0,001; 0,001;	0,006	900×550× ×420
Биениемер автоматический переносной	—	F_{rr}	1-10	≥ 20; ≥ 60 ^{*1}	3-8	—	—	—
Зубомеры								
Зубомер смещения по ГОСТ 4446-81	M1(23500)	$E_{Hr};$ — E_{Hs}	2-10	Не ограничивается	5-12	0,01	0,009	145×143×27
	M2(23600)		4-16				0,010	
	M3(23700)		10-28				0,016	145×153×27
	M4(23800)		22-50				0,022	145×177×27
Зубомер смещения для колес внутреннего зацепления по ТУ 2-034-201-83	23900	$E_{Hr};$ — E_{Hi}	1-16	≥ 105	7-12	0,01	0,008	66×102×38
Зубомер хордовый индикаторно-микрометрический по ТУ 2-034-601-80	БВ-5085	$E_{cr};$ E_{cs}	1-16; 16-32	Не ограничивается	7-12	0,01	±0,010-0,030	200×128×35
Штангензубомер с нониусом по ТУ 2-034-773-84	ШЗ-18	$E_{cr};$ E_{cs}	1-18	Не ограничивается	11,12	0,05	—	135×135×10
	ШЗ-36		5-36					165×165×10
Нормалемеры								
Нормалемер по ГОСТ 5368-81, ГОСТ 7760-81	M1(БВ-5045) M2(БВ-5046) M3(БВ-22202)	$E_{wr}; F_{vwr}$ $E_{wmr};$ — $E_{wsi};$ — E_{wms}	≥ 1 > 2 ≥ 2,5	0-120 50-300 150-700	≥ 7	0,002	0,008 0,010 0,012	326×72×50 455×72×50 915×155×50

Продолжение таблицы 52

Прибор	Тип и модель	Зубчатые колеса				Цена деления, мм	Допускаемая погрешность, мм	Габаритные размеры (без электронного блока), мм
		Контролируемые параметры	Модель, мм	Диаметр делительной окружности, мм	Степень точности			
Нормалемер для колес внутреннего зацепления по ТУ 2-034-361-81	БВ-5081	$E_{wr}; F_{vwr}$	≥ 3	20-120	≥ 7	0,002	0,010	39×94×316
		$E_{wmr}; +E_{wi}; +E_{wmi}$		50-300			0,012	39×100×459
Микромер зубомерный по ГОСТ 6507-78	M325	$E_{wr}; F_{vwr}$	$\geq 0,5$	0-25	≥ 7	0,010	$\pm 0,005$	186×78×30
	M350	$E_{wmr};$		25-50				201×92×30
	M375	$-E_{wsi};$		50-75				240×108×30
	M3100	$-E_{wms}$		75-100				265×147×30
^{*1} Для колес внутреннего зацепления.								
^{*2} Габаритные размеры датчиков (2шт.).								

С О Д Е Р Ж А Н И Е

1	ТОЧНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ И СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ КАЧЕСТВА ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИЗДЕЛИЙ	4
2	ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ (ЕСДП).....	6
3	РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ ПОСАДОК СОЕДИНЕНИЙ В УЗЛАХ ИЗДЕЛИЙ.....	35
4	РАСЧЕТЫ ПОСАДОК С НАТЯГОМ И ПЕРЕХОДНЫХ ПОСАДОК.....	37
5	ВЫБОР ДОПУСКОВ (КВАЛИТЕТОВ) РАЗМЕРОВ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	41
6	НАЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ	43
7	ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	48
8	ОБОЗНАЧЕНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПОСАДОК КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	59
9	ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПРИЗМАТИЧЕСКИМИ ШПОНКАМИ.....	62
10	НАЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	66
11	РАСЧЕТЫ ДОПУСКАЕМЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ	73
12	ВЫБОР И ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ	77
13	ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	99
14	ВЫБОР ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	102
15	ВЫБОР ДОПУСКАЕМЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ, ПАРАМЕТРОВ РАЗБРАКОВКИ И УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ	112
16	НАЗНАЧЕНИЕ ПРИЕМОЧНЫХ ГРАНИЦ ПРИ КОНТРОЛЕ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	123
17	СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС	125
	Список литературы	131

Список литературы

- 1 Белкин И.М. Справочник по допускам и посадкам – М.: Машиностроение, 1985. – 320с.
- 2 Болдин Л.А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении – М.: Машиностроение, 1984. – 272с.
- 3 Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора. Справочник. – Л.: Машиностроение, Ленинград, отделение, 1984. – 464с.
- 4 ГОСТ 25346-82 ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
- 5 ГОСТ 25347-82 ЕСДП. Поля допусков и рекомендованные посадки.
- 6 ГОСТ 25348-82 ЕСДП. Ряды допусков, основные отклонения и поля допусков для размеров свыше 3150мм.
- 7 ГОСТ 25670-83 Основные нормы взаимозаменяемости. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками.
- 8 ГОСТ 24642-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.
- 9 ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.
- 10 ГОСТ 2.308-79 ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
- 11 ГОСТ 25069-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей.
- 12 ГОСТ 520-89 Подшипники качения. Технические требования.
- 13 ГОСТ 3325-55 Подшипники качения. Поля допусков посадочных мест валов и отверстий корпусов.
- 14 ГОСТ 23360-78. Основные нормы взаимозаменяемости. Шпонка призматическая. Размеры допуски и посадки.
- 15 ГОСТ 1139-80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения зубчатые (шлицевые) прямозубые. Размеры и допуски.
- 16 ГОСТ 16093-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.
- 17 ГОСТ 8593-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные конусности и углы конусов.
- 18 ГОСТ 8908-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов.
- 19 ГОСТ 25307-82 Основные нормы взаимозаменяемости. Система допусков и посадок для конических соединений.
- 20 ГОСТ 1643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические.
- 21 ГОСТ 8.051-81 Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500мм.
- 22 ДСТУ 1.0-93 Державна система стандартизації України. Основні положення.
- 23 ДСТУ 1.2-93 Державна система стандартизації України. Порядок розроблення державних стандартів.
- 24 ДСТУ 2234-93 Калібри. Терміни та визначення
- 25 ДСТУ 2409-94 Вимірювання параметрів шорсткості. Терміни та визначення.
- 26 ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.
- 27 ДСТУ 2497-94 Основні норми взаємозамінності. Різьба і різьбові з'єднання. Терміни та визначення.
- 28 ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення.
- 29 ДСТУ 2499-94 Основні норми взаємозамінності. конуси та конічні з'єднання. Терміни та визначення.
- 30 ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми.
- 31 ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення.

- 32 ДСТУ 3021-95 Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення.
- 33 Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. / В.Д. Мягков и др. – Л. : Машиностроение, 1982 – 4.1. 543с.
- 34 Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. / В.Д. Мягков и др. – Л. : Машиностроение, 1983 – 4.2. 448с.
- 35 Дунаев П.Ф., Леликов О.П., Варламова Л.П. Допуски и посадки. Обоснование выбора: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1984. – 112с.
- 36 Жабин А.И., Мартынов А.П. Сборка изделий в единичном и мелкосерийном производстве М. Машиностроение 1988,- 184с.
- 37 Жабин А.И., Мартынов А.П. Сборка типовых частей машин и механизмов.- В справочнике. «Сборка и монтаж изделий машиностроения». В 2-х т. – т. 1. Сборка изделий машиностроения (под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина, 1983 – с. 238-269.)
- 38 Зенкин А.С. Технологические основы сборки соединений с натягом – М.: Машиностроение, 1982. – 48с.
- 39 Козловский Н.С., Виноградов А.М. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения – М.: Машиностроение, 1982. – 284с.
- 40 Мартынов А.П. Взаимозаменяемость, метрология, стандартизация: Конспект лекций. – Краматорск: ДГМА, 2001. – 160с.
- 41 Справочное руководство по черчению. / В. Н. Богданов и др. –М.: Машиностроение, 1989. – 864с.
- 42 Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др. М.: Машиностроение, 1988. – 736с.
- 43 Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500мм (по применению ГОСТ 8.051-81), РД 50-98-86-М.: Издательство стандартов, 1987. – 84с.
- 44 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Раздел: «Выбор и обозначение посадок подшипников качения и технических требований к сопрягаемым поверхностям» / Сост. Мартынов А.П. – Краматорск: КИИ, 1990. – 32с.
- 45 Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей, РД 50-635-87-М.: Издательство стандартов, 1987. – 46с.
- 46 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию и лабораторным работам. Допускаемые погрешности измерения и выбор универсальных измерительных средств / Сост. Мартынов А.П.: ДГМА, 1996 – 59с.
- 47 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию (для студентов всех специальностей направления «Инженерная механика»). Порядок построения размерных цепей / Сост. Мартынов А.П. – Краматорск: ДГМА, 2000. – 24с.
- 48 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию (для студентов всех специальностей направления «Инженерная механика»). Расчеты размерных цепей для обеспечения точности изготовления и сборки по методам полной и неполной взаимозаменяемости / Сост. Мартынов А.П. – Краматорск: ДГМА, 2000. – 46с.
- 49 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Предельные калибры для контроля поверхностей деталей. Расчеты, проектирование и эксплуатация / Сост. Мартынов А.П., Абрамова Л.Н. – Краматорск: ДГМА, 2000 – 36с.
- 50 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Шероховатость поверхностей деталей. Выбор параметров и обозначение в чертежах /Сост. Абрамова Л.Н. – Краматорск: ДГМА, 2001 – 28с.
- 51 Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Взаимозаменяемость, стандартизация, метрология и управление качеством». ч.1 /Сост. Мартынов А.П., Кислов В.М., Субботина Л.П. — Краматорск: КИИ, 1992.- 48с.
- 52 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Автоматизированный выбор посадок с натягом на основе расчетов с использованием ПЭВМ /Сост. Роганов Л. Л, Мартынов А.П. – Краматорск: ДГМА, 2000 – 19с.
- 53 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Автоматизированный расчет размерных цепей с использованием ПЭВМ /Сост. Мартынов А.П. – Краматорск: ДГМА, 2000 – 16с.
- 54 Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для вузов –: М.: Машиностроение, 1987.- 352с.