МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Ю. Н. ИСАЕВ С. В. ВОРОБЬЕВ

ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург
Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
2017

УДК 62.182.8 (07)
ББК К92я7 + К417я7
И 85

Исаев Ю. Н., Воробьев С. В.
И85 Основы взаимозаменяемости: учеб.-метод. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. 60 с.

ISBN 00

Рассмотрены вопросы точности изготовления деталей применительно к несущим конструкциям электронной аппаратуры. Приводятся терминология, основные сведения и справочные данные по допускам и посадкам в том числе резьбовых соединений. Особое внимание уделено практическим рекомендациям по выбору посадок, полей допусков и шероховатостей поверхностей при проектировании конструкций электронной аппаратуры.

Предназначено для использования в курсе прикладной механики студентами технических факультетов дневной формы обучения. Может быть полезно студентам очно-заочной формы обучения.

УДК 62.182.8 (07)
ББК К92я7 + К417я7

Рецензент: канд. техн. наук С. В. Костичев (Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского).

Утверждено
редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия

ISBN 00

© СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017

Никакое современное производство невозможно без использования принципа взаимозаменяемости, т. е. способности независимо изготовленных деталей занимать свое место в сборочной единице без дополнительной обработки при сборке.

Реально изготовленные детали всегда отличаются от идеальных, изображенных на чертеже. Для обеспечения взаимозаменяемости детали должны помимо одинаковых формы и размеров иметь одинаковые точность выполнения размеров, формы профилей и расположения поверхностей, шероховатость поверхностей, материал и покрытие.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Реальные изделия состоят из деталей, которые соединены между собой и соприкасаются различными поверхностями. При назначении точности необходимо различать поверхности сопрягаемые и несопрягаемые. *Сопрягаемые* – поверхности, по которым детали соединяются в сборочные единицы, а последние – в изделие. *Несопрягаемые*, или *свободные*, – конструктивно необходимые поверхности, не предназначенные для соединения с поверхностями других деталей.

На рис. 1 приведен круглый стержень *1*, перемещающийся в подшипнике *2*. Наружная цилиндрическая поверхность стержня ∅5 и внутренняя поверхность подшипника ∅5 – сопрягаемые поверхности, а плоские торцы стержня и подшипника – несопрягаемые.

Термины *вал* и *отверстие* ГОСТ 25346–89 распространяет не только на цилиндрические поверхности. Термин *вал* условно применяется для обозна-

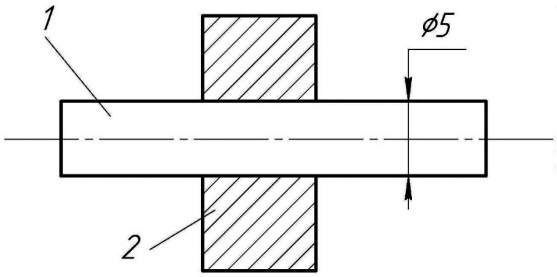


Рис. 1

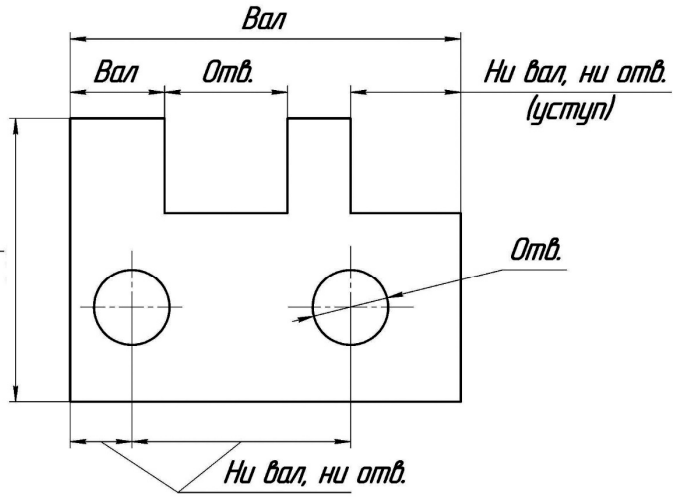


Рис. 2

чения наружных (охватываемых) элементов детали, включая и нецилиндрические элементы. Термин *отверстие* применяется для обозначения внутренних (охватывающих) элементов детали, включая и нецилиндрические элементы. На рис. 2 приведены примеры валов, отверстий и элементов, которые не относятся ни к валам, ни к отверстиям (например, уступы).

Размеры

Для количественной оценки длин, диаметров и т. д. используют размеры, которые в технической документации задают и указывают в миллиметрах (мм).

Номинальный размер элемента проставляется на чертеже детали или соединения. Номинальный размер получают или путем расчета детали на прочность и жесткость, или исходя из конструктивных, технологических и эксплуатационных соображений. Сопрягаемые поверхности имеют общий номинальный размер (см. рис. 1).

Значения номинальных размеров должны быть округлены и соответствовать требованиям ГОСТ 6636–69 Нормальные линейные размеры (см. прил. 1). Не подлежат округлению размеры, полученные расчетным путем, например параметры резьбы, зацепления зубчатых колес, или размеры, полученные суммированием нескольких нормальных размеров.

Действительный размер устанавливается измерением с допустимой погрешностью.

Для обеспечения взаимозаменяемости действительный размер должен находиться между двумя предельными размерами, больший из которых называют *наибольшим предельным размером*, а меньший – *наименьшим предельным размером*.

Отклонения

Для указания точности выполнения размера используют **предельные отклонения**, которые определяются относительно номинального размера. Различают верхнее и нижнее отклонения.

Верхнее отклонение (ES – для отверстий, es – для валов) равно алгебраической разности между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Нижнее отклонение (EI – для отверстий, ei – для валов) равно алгебраической разности между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Основное отклонение – это ближайшее к нулевой линии верхнее или нижнее отклонение.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру.

Допуск и поле допуска

Разброс действительных размеров неизбежен, но для обеспечения работоспособности деталей их действительные отклонения должны находиться в допустимых пределах. Этот предел определяет допуск размера.

Стандартный допуск (IT) – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или разность верхнего и нижнего отклонений. Для отверстия IT = ES – EI , для вала IT = es – ei.

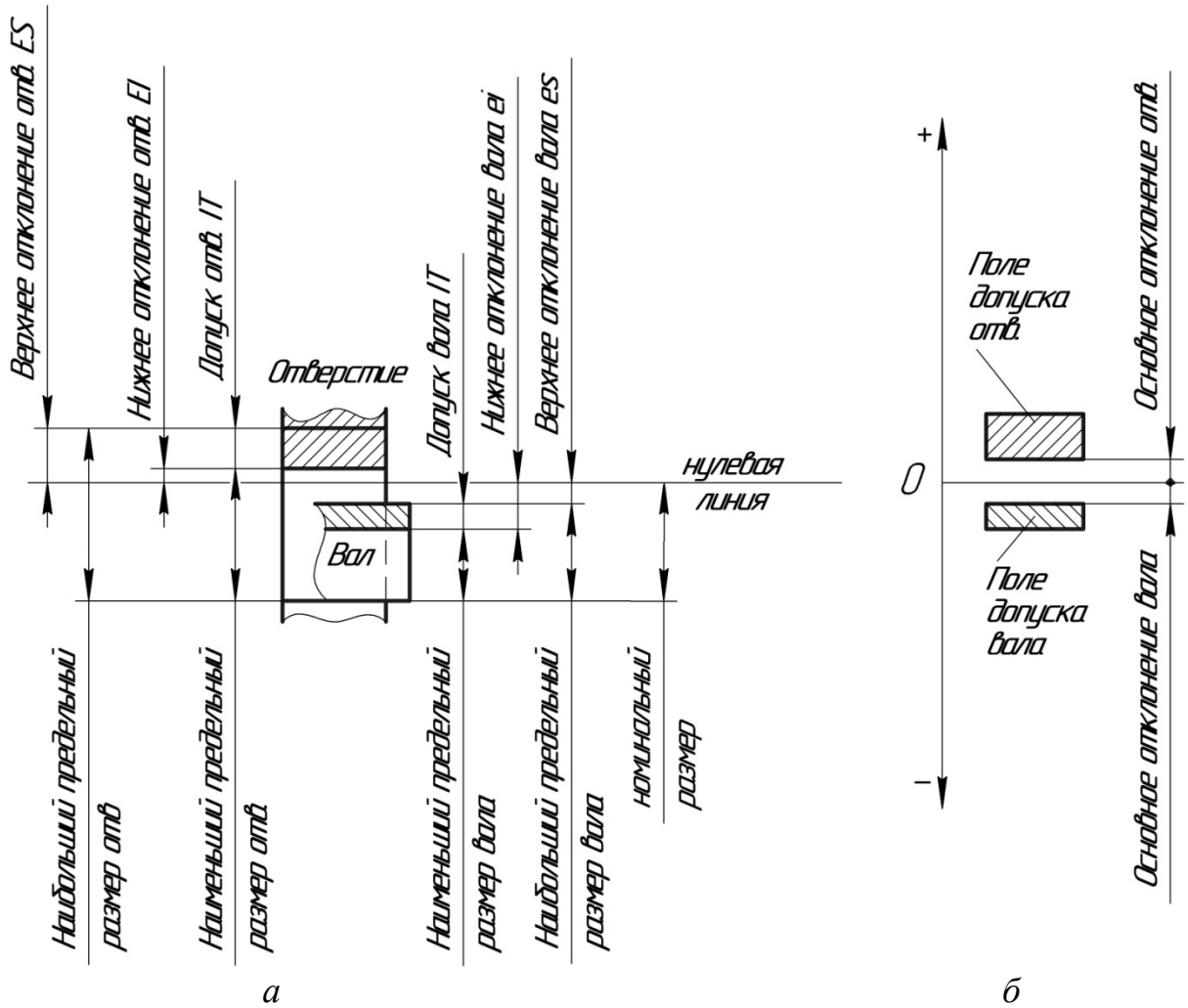


Рис. 3

Все приведенные ранее определения размеров, отклонений и допусков проиллюстрированы на рис. 3, *а*.

Поле допуска – поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется его числовым значением (допуском) и основным

отклонением, показывающим расположение допуска относительно нулевой линии (рис. 3, *б*).

Квалитет

Точность выполнения размеров определяется допуском – с уменьшением допуска точность повышается и наоборот. В зависимости от конструкции, назначения и условий работы детали ее размеры могут иметь различную точность, т. е. разные допуски. Стандартная система допусков содержит 20 квалитетов.

Квалитет (степень точности) – совокупность допусков, соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров. Квалитеты 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5 применяются преимущественно при изготовлении концевых мер длины и калибров; квалитеты с 5-го по 12-й – для образования посадок; квалитеты с 12-го по 18-й – для свободных (несопрягаемых) размеров.

Основные отклонения отверстий и валов

ГОСТ 25346–89 устанавливает определенное положение полей допусков отверстий и валов по величине основного отклонения относительно нулевой линии. Для каждого номинального размера установлен ряд полей допусков, образующихся сочетанием 20 квалитетов и 28 основных отклонений отверстий и валов.

Основные отклонения обозначаются одной или двумя буквами латинского алфавита:

- для отверстий – A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, J_S, K , M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC;
- для валов – a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, j, j_S, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc.

Из основных отклонений выделяют два: **основное отверстие** (H) – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю, и **основной вал** (h) – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

На рис. 4 показаны относительные положения отдельных полей допусков 6-го и 9-го квалитетов для номинального размера 10 мм. Для 6-го квалитета допуск равен 9 мкм, для 9-го – 36 мкм. Основные отклонения вычисляют методом, изложенным в ГОСТ 25346–89. При этом основные отклонения отверстия и вала, обозначенные одной и той же буквой, как правило, симметричны относительно нулевой линии, например H и h (рис. 4). Поля допусков,

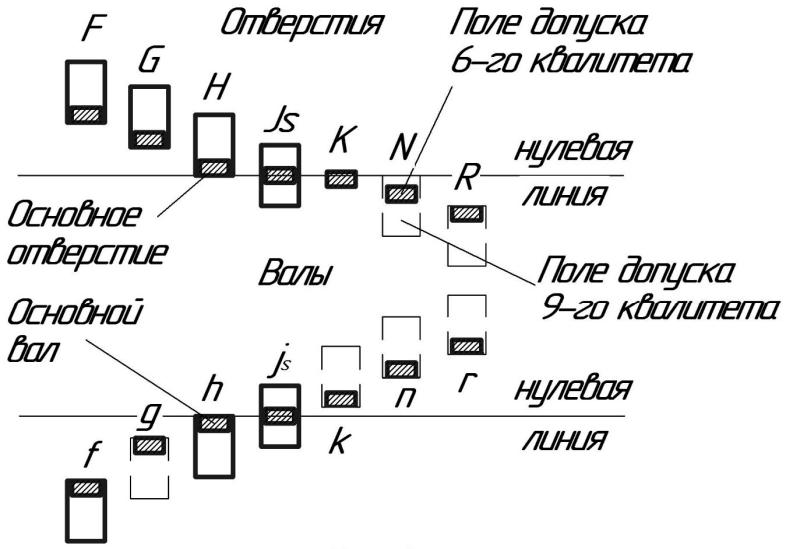


Рис. 4

отмеченные штриховой линией, не рекомендованы для применения и вычислены по общим правилам. Поле допуска K9 в стандарте отсутствует.

Поля допусков образуют сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из квалитетов. Например, обозначение h12 означает поле допуска вала с основным отклонением h 12-го квалитета, K7 – поле допуска отверстия с основным отклонением K 7-го квалитета.

Из всех возможных полей допусков на практике применяют только их ограниченное число. В табл. 1 и 2 приведены, соответственно, поля допусков валов и отверстий для номинальных размеров от 1 до 500 мм. Из всех полей выделены предпочтительные поля допусков – 10 отверстий и 16 валов (в табл. 1 и 2 эти поля допусков заключены в жирные рамки).

Интервалы размеров, мм		Поля допусков											
		g6	h6	j_s6	k6	n6	p6	r6	s6	f7	h7	s7	e8
		Предельные											
Св.	До	мкм											
–	3	–2 –8	0 –6	+3 –3	+6 0	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	–6 –16	0 –10	+24 +14	–14 –28
3	6	–4 –12	0 –8	+4 –4	+9 +1	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	–10 –22	0 –12	+31 +19	–20 –38
6	10	–5 –14	0 –9	+4,5 –4,5	+10 +1	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	–13 –28	0 –15	+38 +23	–25 –47
10	18	–6 –17	0 –11	+5,5 –5,5	+12 +1	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	–16 –34	0 –18	+46 +28	–32 –59
18	30	–7 –20	0 –13	+6,5 –6,5	+15 +2	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	–20 –41	0 –21	+56 +35	–40 –73
30	50	–9 –25	0 –16	+8 –8	+18 +2	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	–25 –50	0 –25	+68 +43	–50 –89
50	65	–10	0	+9,5	+21	+39	+51	+60 +41	+72 +53	–30	0	+83 +53	–60
65	80	–29	–19	–9,5	+2	+20	+32	+62 +43	+78 +59	–60	–30	+89 +59	–106
80	100	–12	0	+11	+25	+45	+59	+73 +51	+93 +71	–36	0	+106 +71	–72
100	120	–34	–22	–11	+3	+23	+37	+76 +54	+101 +79	–71	–35	+114 +79	–126
120	140	–14	0	+12,5	+28	+52	+68	+88 +63	+117 +92	–43	0	+132 +92	–85
140	160							+90 +65	+125 +100			+140 +100	
160	180	–39	–25	–12,5	+3	+27	+43	+93 +68	+133 +108	–83	–40	+148 +108	–148
180	200	–15	0	+14,5	+33	+60	+79	+106 +77	+151 +122	–50	0	+168 +122	–100
200	225							+109 +80	+159 +130			+176 +130	
225	250	–44	–29	–14,5	+4	+31	+50	+113 +84	+169 +140	–96	–46	+186 +140	–172
250	280	–17	0	+16	+36	+66	+88	+126 +94	+190 +158	–56	0	+210 +158	–110
280	315	–49	–32	–16	+4	+34	+56	+130 +98	+202 +170	–108	–52	+222 +170	–191
315	355	–18	0	+18	+40	+73	+98	+144 +108	+226 +190	–62	0	+247 +190	–125
355	400	–54	–36	–18	+4	+37	+62	+150 +114	+244 +208	–119	–57	+265 +208	–214
400	450	–20	0	+20	+45	+80	+108	+166 +126	+272 +232	–68	0	+295 +232	–135
450	500	–60	–40	–20	+5	+40	+68	+172 +132	+292 +252	–131	–63	+315 +252	–232

П р и м е ч а н и я: 1.□ – предпочтительные поля допусков.

Таблица 1

валов (ГОСТ 25347–82)													
f8	h8	d9	h9	h10	d11	h11	h12	h13	h14	h15	h16	h17	h18
отклонения													
							мм						
–6 –20	0 –14	–20 –45	0 –25	0 –40	–20 –80	0 –60	0 –0,10	0 –0,14	0 –0,25	0 –0,40	0 –0,60	0 –1,00	0 –1,40
–10 –28	0 –18	–30 –60	0 –30	0 –48	–30 –105	0 –75	0 –0,12	0 –0,18	0 –0,30	0 –0,48	0 –0,75	0 –1,20	0 –1,80
–13 –35	0 –22	–40 –76	0 –36	0 –58	–40 –130	0 –90	0 –0,15	0 –0,22	0 –0,36	0 –0,58	0 –0,90	0 –1,50	0 –2,20
–16 –43	0 –27	–50 –93	0 –43	0 –70	–50 –160	0 –110	0 –0,18	0 –0,27	0 –0,43	0 –0,70	0 –1,10	0 –1,80	0 –2,70
–20 –53	0 –33	–65 –117	0 –52	0 –84	–65 –195	0 –130	0 –0,21	0 –0,33	0 –0,52	0 –0,84	0 –1,30	0 –2,10	0 –3,30
–25 –64	0 –39	–80 –142	0 –62	0 –100	–80 –240	0 –160	0 –0,25	0 –0,39	0 –0,62	0 –1,00	0 –1,60	0 –2,50	0 –3,90
–30 –76	0 –46	–100 –174	0 –74	0 –120	–100 –290	0 –190	0 –0,30	0 –0,46	0 –0,74	0 –1,20	0 –1,90	0 –3,00	0 –4,60
–36 –90	0 –54	–120 –207	0 –87	0 –140	–120 –340	0 –220	0 –0,35	0 –0,54	0 –0,87	0 –1,40	0 –2,20	0 –3,50	0 –5,40
–43 –106	0 –63	–145 –245	0 –100	0 –160	–145 –395	0 –250	0 –0,40	0 –0,63	0 –1,00	0 –1,60	0 –2,50	0 –4,00	0 –6,30
–50 –122	0 –72	–170 –285	0 –115	0 –185	–170 –460	0 –290	0 –0,46	0 –0,72	0 –1,15	0 –1,85	0 –2,90	0 –4,6	0 –7,20
–56 –137	0 –81	–190 –320	0 –130	0 –210	–190 –510	0 –320	0 –0,52	0 –0,81	0 –1,30	0 –2,10	0 –3,20	0 –5,20	0 –8,10
–62 –151	0 –89	–210 –350	0 –140	0 –230	–210 –570	0 –360	0 –0,57	0 –0,89	0 –1,40	0 –2,30	0 –3,60	0 –5,70	0 –8,90
–68 –165	0 –97	–230 –385	0 –155	0 –250	–230 –630	0 –400	0 –0,63	0 –0,97	0 –1,55	0 –2,50	0 –4,00	0 –6,30	0 –9,70

2. Для размеров менее 1 мм квалитеты от 14-го до 18-го не применяются.

Интервалы размеров, мм		Поля допусков								
		J_s6	K6	H7	J_s7	K7	N7	P7	F8	H8
		Предельные								
Св.	До	мкм								
–	3	+3 –3	0 –6	+10 0	+5 –5	0 –10	–4 –14	–6 –16	+20 +6	+14 0
3	6	+4 –4	+2 –6	+12 0	+6 –6	+3 –9	–4 –16	–8 –20	+28 +10	+18 0
6	10	+4,5 –4,5	+2 –7	+15 0	+7 –7	+5 –10	–4 –19	–9 –24	+35 +13	+22 0
10	18	+5,5 –5,5	+2 –9	+18 0	+9 –9	+6 –12	–5 –23	–11 –29	+43 +16	+27 0
18	30	+6,5 –6,5	+2 –11	+21 0	+10 –10	+6 –15	–7 –28	–14 –35	+53 +20	+33 0
30	50	+8 –8	+3 –13	+25 0	+12 –12	+7 –18	–8 –33	–17 –42	+64 +25	+39 0
50	80	+9,5 –9,5	+4 –15	+30 0	+15 –15	+9 –21	–9 –39	–21 –51	+76 +30	+46 0
80	120	+11 –11	+4 –18	+35 0	+17 –17	+10 –25	–10 –45	–24 –59	+90 +36	+54 0
120	180	+12,5 –12,5	+4 –21	+40 0	+20 –20	+12 –28	–12 –52	–28 –68	+106 +43	+63 0
180	250	+14,5 –14,5	+5 –24	+46 0	+23 –23	+13 –33	–14 –60	–33 –79	+122 +50	+72 0
250	315	+16 –16	+5 –27	+52 0	+26 –26	+16 –36	–14 –66	–36 –88	+137 +56	+81 0
315	400	+18 –18	+7 –29	+57 0	+28 –28	+17 –40	–16 –73	–41 –98	+151 +62	+89 0
400	500	+20 –20	+8 –32	+63 0	+31 –31	+18 –45	–17 –80	–45 –108	+165 +68	+97 0

П р и м е ч а н и я: 1. Жирными линиями выделены предпочтительные поля допусков.

Таблица 2

отверстий (ГОСТ 25347–82)										
E9	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18
отклонения										
				мм						
+39 +14	+25 0	+40 0	+60 0	+0,10 0	+0,14 0	+0,25 0	+0,40 0	+0,6 0	+1,00 0	+1,40 0
+50 +20	+30 0	+48 0	+75 0	+0,12 0	+0,18 0	+0,30 0	+0,48 0	+0,75 0	+1,20 0	+1,80 0
+61 +25	+36 0	+58 0	+90 0	+0,15 0	+0,22 0	+0,36 0	+0,58 0	+0,90 0	+1,50 0	+2,20 0
+75 +32	+43 0	+70 0	+110 0	+0,18 0	+0,27 0	+0,43 0	+0,70 0	+1,10 0	+1,80 0	+2,70 0
+92 +40	+52 0	+84 0	+130 0	+0,21 0	+0,33 0	+0,52 0	+0,84 0	+1,30 0	+2,10 0	+3,30 0
+112 +50	+62 0	+100 0	+160 0	+0,25 0	+0,39 0	+0,62 0	+1,00 0	+1,60 0	+2,50 0	+3,90 0
+134 +60	+74 0	+120 0	+190 0	+0,30 0	+0,46 0	+0,74 0	+1,20 0	+1,90 0	+3,00 0	+4,60 0
+159 +72	+87 0	+140 0	+220 0	+0,35 0	+0,54 0	+0,87 0	+1,40 0	+2,20 0	+3,50 0	+5,40 0
+185 +85	+100 0	+160 0	+250 0	+0,40 0	+0,63 0	+1,00 0	+1,60 0	+2,50 0	+4,00 0	+6,30 0
+215 +100	+115 0	+185 0	+290 0	+0,46 0	+0,72 0	+1,15 0	+1,85 0	+2,90 0	+4,60 0	+7,20 0
+240 +110	+130 0	+210 0	+320 0	+0,52 0	+0,81 0	+1,30 0	+2,10 0	+3,20 0	+5,20 0	+8,10 0
+265 +125	+140 0	+230 0	+360 0	+0,57 0	+0,89 0	+1,40 0	+2,30 0	+3,60 0	+5,70 0	+8,90 0
+290 +135	+155 0	+250 0	+400 0	+0,63 0	+0,97 0	+1,55 0	+2,50 0	+4,00 0	+6,30 0	+9,70 0

2. Для размеров менее 1 мм квалитеты от 14-го до 18-го не применяются.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ НА ЧЕРТЕЖАХ

На любом чертеже размеры, подлежащие выполнению по этому чертежу, должны иметь предельные отклонения, которые указывают непосредственно после номинального размера одним из трех способов по ГОСТ 2.307–2011:

1) условными обозначениями полей допусков по ГОСТ 25346–89, например:

$15p6$, $6f7$, $\varnothing 12H14$, $20j_S6$;

2) числовыми значениями предельных отклонений в миллиметрах, например:

$15^{+0,029}_{+0,018}$, $6^{-0,010}_{-0,022}$, $\varnothing 12^{+0,43}$, $20 \pm 0,0065$;

3) условными обозначениями полей допусков с указанием в скобках числовых значений предельных отклонений, например:

$15p6\left(^{+0,029}_{+0,018}\right)$, $6f7\left(^{-0,010}_{-0,022}\right)$, $\varnothing 12H14\left(^{+0,43}\right)$, $20j_s6\left(\pm 0,0065\right)$.

Пояснения:

- при несимметричных отклонениях верхнее отклонение помещают над нижним и записывают шрифтом, размер которого меньше основного;
- число знаков в верхнем и нижнем отклонениях должно быть одинаковым;
- отклонения, равные нулю, допускается не указывать;
- симметричные отклонения указываются основным шрифтом.

На чертеже допустимые отклонения рекомендуется указывать условными обозначениями (рис. 5).

Числовые значения предельных отклонений должны быть обязательно заданы в следующих случаях:

1) номинальный размер не находится в ряду нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636–69, например $30,5h11\left(_{-0,16}\right)$ на рис. 5;

2) для размеров, не относящихся к валам или отверстиям, например размер уступа $10^{+0,15}$ на рис. 5.

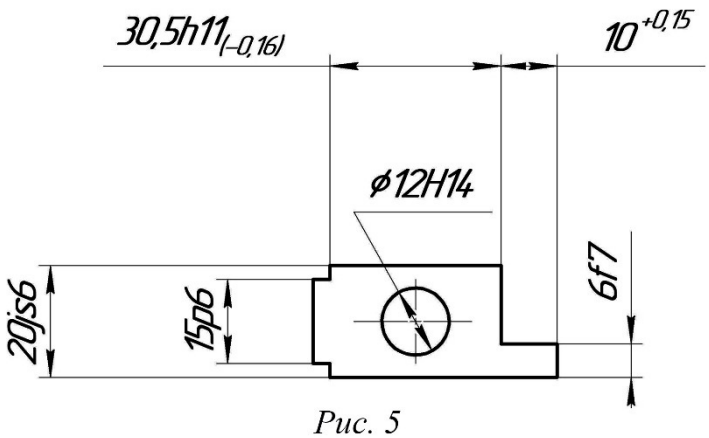


Рис. 5

На чертежах деталей допускается указывать без предельных отклонений размеры фасок, радиусов скруглений и гибки, ширину и глубину канавок для выхода инструмента, зон различной шероховатости на одной и той же поверхности, зон термообработки, покрытия, рифления, насечки, а также справочные размеры, если они не выполняются по данному чертежу.

На сборочных чертежах предельные отклонения указывают для всех присоединительных и установочных размеров. Габаритные размеры указывают без предельных отклонений.

ПОСАДКИ

Большинство реальных изделий состоит из деталей и сборочных единиц, соединенных между собой определенным способом. В одних случаях необходимо получить подвижное соединение деталей с зазором, в других – неподвижное соединение с натягом.

Зазором S называется разность между размерами отверстия и вала, если размер отверстия D больше размера вала d, т. е. $S = D - d > 0$ (рис. 6, *а*).

Натягом N называется разность между размерами вала и отверстия до сборки, если размер вала d больше размера отверстия D, т. е. $N = d - D > 0$ (рис. 6, *б*).

Посадкой называют характер соединения деталей, определяемый разностью их размеров до сборки. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединенных деталей, а также точность их взаимного расположения.

Поверхности, образующие соединение, имеют один и тот же номинальный размер, а различные зазоры или натяги получают соответствующим расположением полей допусков отверстия и вала. В зависимости от расположения полей допусков посадки делятся на три группы:

1. **Посадки с зазором** – посадки, при которых в соединении всегда образуется зазор, т. е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему (рис. 6, *а*). При этом поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала.

Наибольший зазор $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = \mathrm{ES} - \mathrm{ei}$; наименьший зазор $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = \mathrm{EI} - \mathrm{es}$.

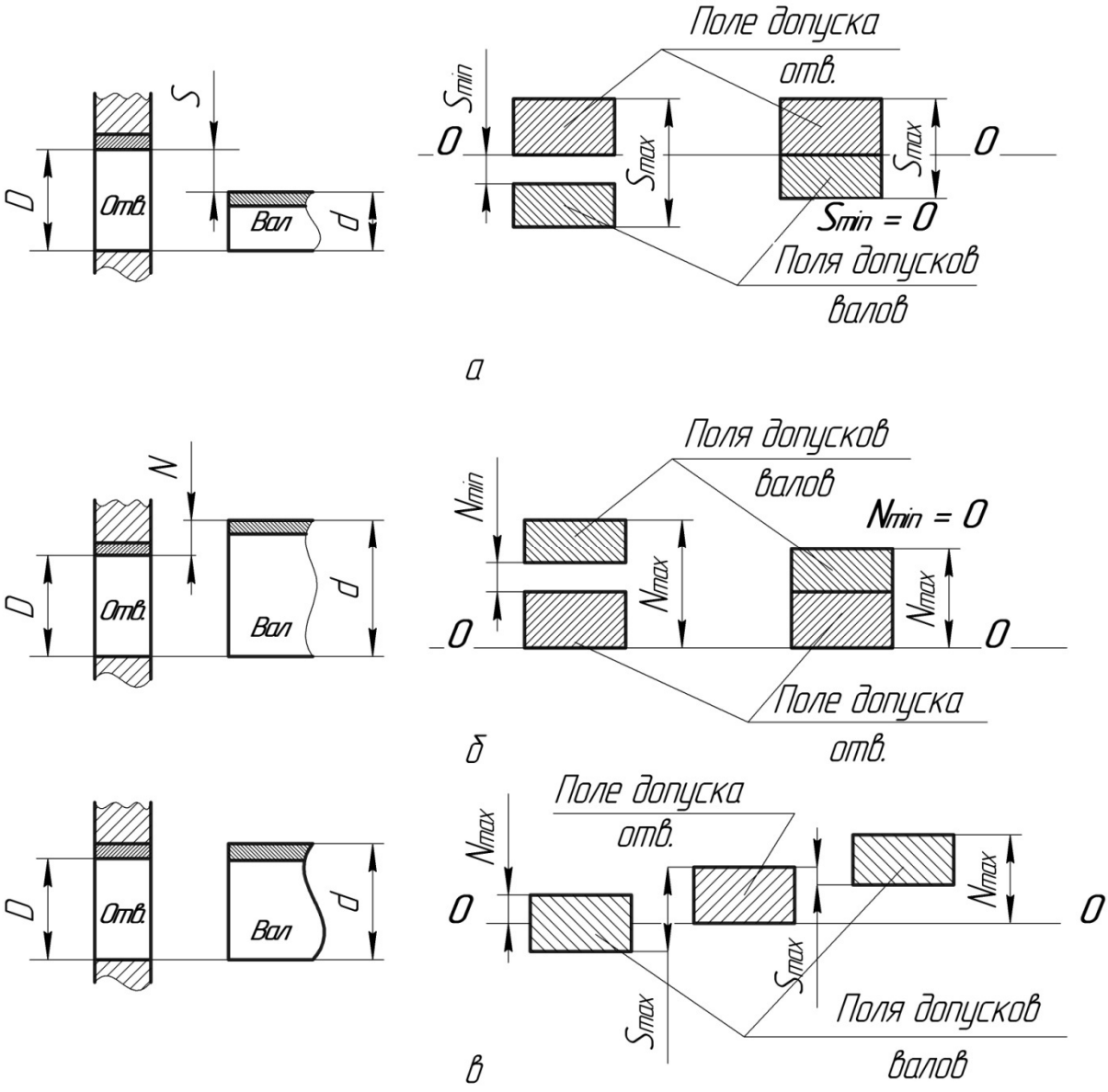


Рис. 6

2. **Посадки с натягом** – посадки, при которых в соединении образуется натяг, т. е. наименьший предельный размер вала больше наибольшего предельного размера отверстия или равен ему (рис. 6, *б*). При этом поле допуска отверстия расположено ниже поля допуска вала.

Наибольший натяг $N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI$; наименьший натяг $N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES$.

При сборке с натягом сопрягаемые размеры обеих деталей в результате совместных упругих деформаций уравниваются и возникает неподвижное соединение деталей.

3. **Переходные посадки** – посадки, в которых в зависимости от действительных размеров вала и отверстия могут быть как зазоры, так и натяги. Переходная посадка характеризуется наибольшим зазором S_{max} и наибольшим натягом N_{max} (рис. 6, *в*).

Все приведенные ранее посадки можно получить, изменяя положение полей допусков обеих сопрягаемых деталей. Однако удобнее в технологическом и эксплуатационном отношениях получать различные посадки, изменяя положение поля допуска только вала или только отверстия. В зависимости от этого различают два вида посадок:

1) **посадки в системе отверстия** – посадки, в которых требуемые зазоры или натяги получают сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия (рис. 7, *а*);

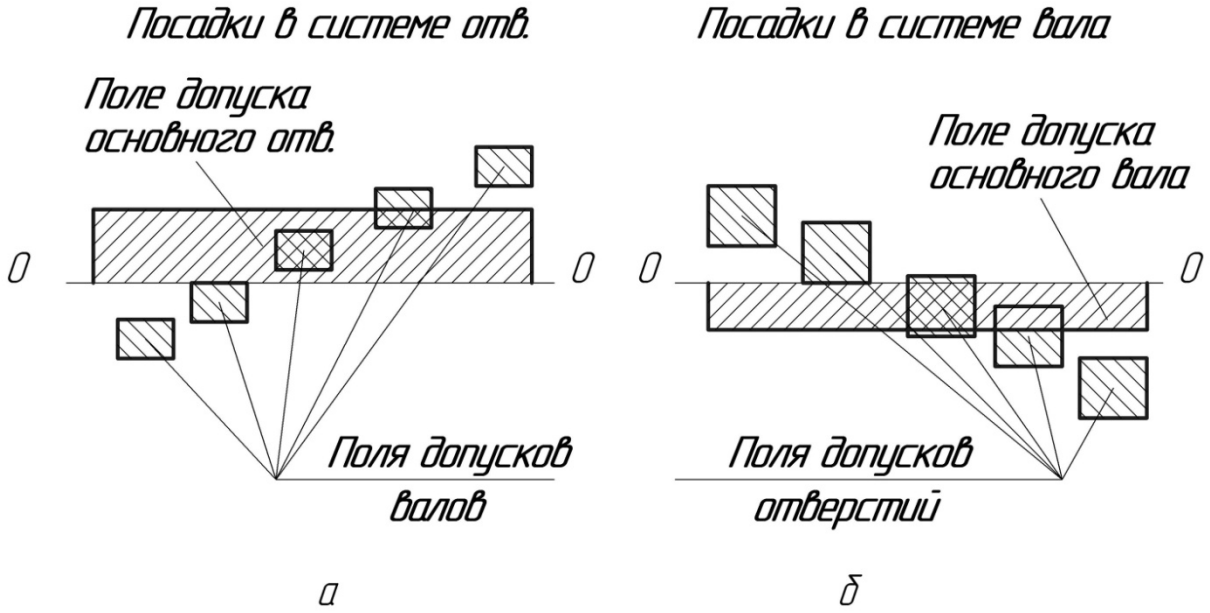


Рис. 7

2) **посадки в системе вала** – посадки, в которых требуемые зазоры или натяги получают сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала (рис. 7, *б*).

Если соединяются между собой детали с полями допусков основного отверстия и основного вала, то такая посадка может быть отнесена к любой системе.

В приборостроении в большинстве случаев применяются посадки в системе отверстия, так как для получения разнообразных посадок в этой системе требуется значительно меньше специальных точных инструментов для обработки и контроля отверстий. Например, для всех посадок одного номинального размера при помощи одной развертки изготовляют одинаковые отверстия, а различные валы выполняют на шлифовальном станке.

Посадки в системе вала обычно применяют в двух случаях:

1) когда на одном диаметре валика необходимо получить различные посадки для нескольких деталей с тем же номинальным размером отверстий;

2) когда на валике или в отверстии устанавливается деталь, уже изготовленная для посадки в системе вала.

В прил. 2, 3 приведены рекомендуемые посадки общего применения в системах отверстия и вала (ГОСТ 25347–2013).

Обозначение посадок на чертежах

Как правило, посадка указывается на сборочном чертеже того или иного сопряжения после номинального размера соединяемых деталей в виде дроби одним из следующих способов (рис. 8):

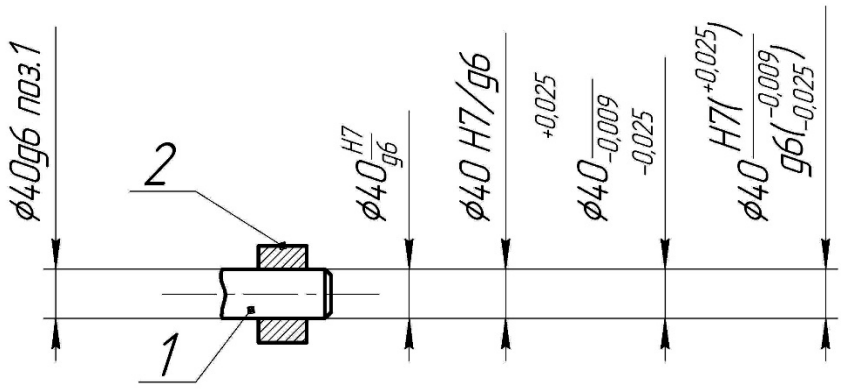


Рис. 8

- условным обозначением полей допусков отверстия и вала (варианты 1 и 2);
- числовыми значениями предельных отклонений отверстия и вала (вариант 3);
- комбинированным методом (вариант 4);

• в виде записи, в которой указывают предельное отклонение только одной из сопрягаемых деталей с указанием ее позиции (вариант 5).

Примеры определения зазоров и натягов в соединениях деталей

Для приведенных далее посадок сопрягаемых деталей определены предельные значения зазоров и натягов, указан характер соединения (рис. 9).

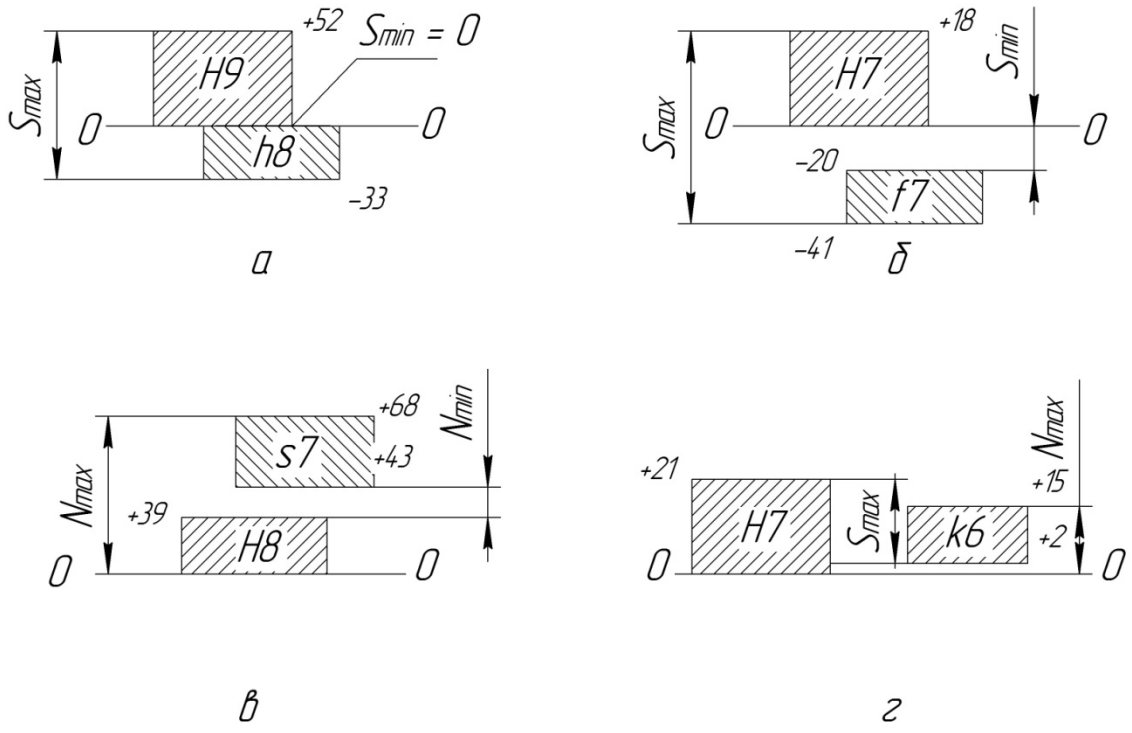


Рис. 9

• 25 $\frac{\text{H9}}{\text{h8}}$. По табл. 2 в интервале размеров от 18 до 30 мм находим верхнее (ES) и нижнее (EI) отклонения для отверстия размером 25 мм с полем допуска H9: ES = + 52 мкм; EI = 0.

По табл. 1 в том же диапазоне размеров находим верхнее (es) и нижнее (ei) отклонения для вала размером 25 мм с полем допуска h8: es = 0; ei = –33 мкм.

На рис. 9, *а* приведена схема расположения полей допусков сопрягаемых отверстия и вала. Для данной посадки вычисляем: $S_{\max} = \text{ES} - \text{ei} = 52 - -(-33) = 85$ мкм = 0,085 мм; $S_{\min} = \text{EI} - \text{es} = 0$.

Характер соединения – подвижная посадка с зазором.

• 15 $\frac{\text{H7}}{\text{f7}}$. Аналогично, по табл. 1 и 2 в интервале размеров от 10 до 18 мм для отверстия и вала размером 15 мм с полями допусков, соответственно, H7 и f7 находим верхнее и нижнее отклонения: для отверстия: ES = +18 мкм,

EI = 0; для вала: es = –20 мкм, ei = –41 мкм. S_{max} = ES – ei = 18 – (–41) = = 59 мкм = 0,059 мм; S_{min} = EI – es = 0 – (–20) = 20 мкм = 0,02 мм.

Характер соединения – подвижная посадка с гарантированным зазором 0,02 мм (рис. 9, *б*).

- $50\ \frac{H8}{s7}$. По табл. 1 и 2 в интервале размеров от 30 до 50 мм для отверстия и вала размером 50 мм с полями допусков, соответственно, H8 и s7 находим верхнее и нижнее отклонения: для отверстия: ES = + 39 мкм, EI = 0; для вала: es = +68 мкм, ei = +43 мкм. N_{max} = es – EI = 68 – 0 = 68 мкм = 0,068 мм; N_{min}= = ei – ES = 43 – 39 = 4 мкм = 0,004 мм.

Характер соединения – неподвижная посадка с гарантированным натягом 0,004 мм (рис. 9, *в*).

- $30\ \frac{H7}{k6}$. По табл. 1 и 2 в интервале размеров от 18 до 30 мм для отверстия и вала размером 30 мм с полями допусков, соответственно, H7 и k6 находим верхнее и нижнее отклонения: для отверстия: ES = + 21 мкм, EI = 0; для вала: es = +15 мкм, ei = +2 мкм. S_{max} = ES – ei = 21 – 2 = 19 мкм = 0,019 мм; N_{max} = = es – EI = 15 – 0 = 15 мкм = 0,015 мм.

Характер соединения – переходная посадка (рис. 9, *г*).

ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Любая деталь ограничена плоскими, цилиндрическими, коническими и другими поверхностями. В процессе изготовления деталей возникают погрешности не только размеров, но также формы и расположения этих поверхностей.

Основные термины и определения (ГОСТ 24642–81)

Реальная поверхность – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

Номинальная поверхность – идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другим техническим документом.

Прилегающая поверхность – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее до наиболее удаленной точки реальной поверхности имело минимальное значение.

Аналогично определяются *реальный, номинальный и прилегающий профили* как линии пересечения соответствующих поверхностей с плоскостью или заданной поверхностью.

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

Различают отклонения от прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности.

Отклонение формы ограничивается *допуском формы* T – наибольшим допускаемым значением отклонения формы. При этом должно обеспечиваться условие $\Delta \leq T$.

Отклонение расположения – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения.

Основные виды отклонений расположения – отклонение от параллельности и перпендикулярности плоскостей, отклонение от параллельности осей (прямых) в пространстве и в плоскости, перекос осей, отклонение от соосности относительно общей оси или оси базовой поверхности, отклонение от симметричности относительно общей плоскости симметрии или относительно базового элемента, позиционное отклонение.

Отклонения расположения Δ также ограничиваются допуском расположения T, т. е. $\Delta \leq T$.

Суммарные отклонения формы и расположения являются результатом совместного проявления отклонений формы и расположения рассматриваемой поверхности или профиля, например радиальное и торцевое биения.

Позиционное отклонение – наибольшее расстояние между реальным расположением элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением.

Различают **позиционный допуск в диаметральном и в радиусном выражении**.

Допуск в диаметральном выражении – удвоенное допускаемое значение позиционного отклонения элемента. Допуск в радиусном выражении – наибольшее допускаемое значение позиционного отклонения элемента.

Позиционный допуск рекомендуется указывать в диаметральном выражении.

Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей установлены ГОСТ 24643–81 в 16 степенях точности.

Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Допуски формы и расположения поверхностей назначаются и указываются на чертежах, как правило, только в том случае, если отклонения формы и расположения поверхностей должны быть меньше допуска на соответствующий линейный размер.

Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей приведены в ГОСТ 2.308–2011. Знаки некоторых из этих допусков:

 – прямолинейности;

 – плоскостности;

 – круглости;

 – параллельности;

 – перпендикулярности;

 – соосности;

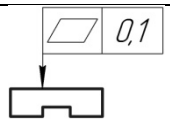
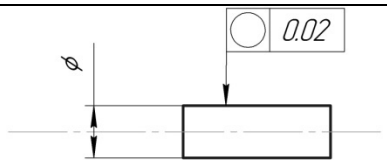
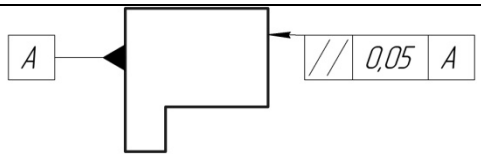
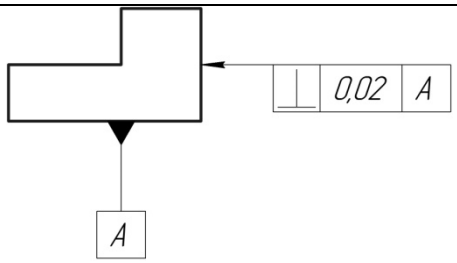
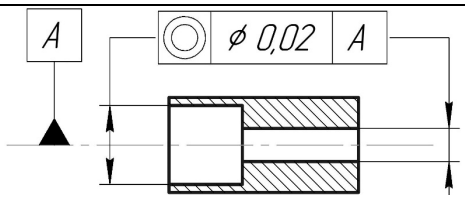
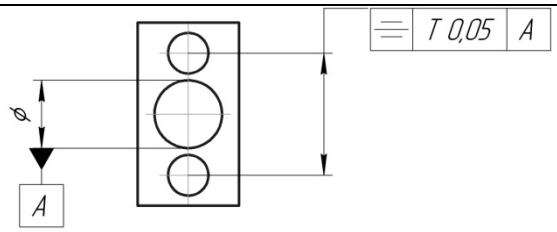
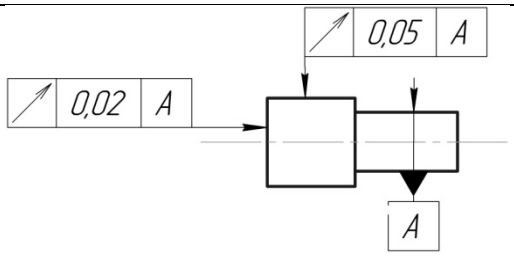
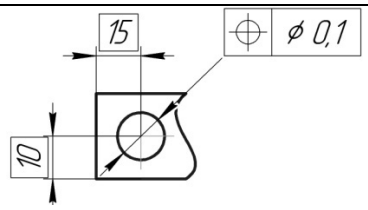
 – симметричности;

 – торцевого или радиального биения;

 – позиционный допуск.

Знак и числовое значение допуска, а также обозначение базы, от которой производится измерение, вписывают в рамку, выполненную сплошными тонкими линиями. Рамка разделяется на две или три части. В первой приводится знак допуска, во второй – значение допуска, в третьей (при необходимости) – буквенное обозначение базы (баз), если рамка не соединена с базовой поверхностью, которая в этом случае выделяется зачерненным треугольником. В табл. 3 приведены примеры обозначения допусков формы и расположения поверхностей.

Таблица 3

Указание допусков формы и расположения условным обозначением	Пояснение
	Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм
	Допуск круглости вала 0,02 мм
	Допуск параллельности поверхности относительно базовой поверхности *А* 0,05 мм
	Допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности *А* 0,02 мм
	Допуск соосности двух отверстий относительно их общей оси ø 0,02 мм
	Допуск симметричности двух отверстий (в диаметральном выражении) *Т* 0,05 мм. База – ось отверстия *А*
	Допуск торцевого биения относительно оси поверхности *А* 0,02 мм и допуск радиального биения вала относительно оси поверхности *А* 0,05 мм
	Позиционный допуск оси отверстия ø 0,1 мм

Если допуски формы на чертеже не указываются, то допускаются любые отклонения формы в пределах полей допусков линейных размеров рассматриваемого элемента.

Для неуказанных допусков расположения введены три класса точности. В ГОСТ 30893.2–2002 для этих классов приведены округленные числовые значения допусков расположения.

ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Расстояние между осями реальных отверстий в соединяемых деталях всегда отличается от номинальной величины. При сборке деталей эти отверстия совпадают не полностью, что затрудняет установку в них крепежных деталей (винтов, заклепок, шпилек). Для обеспечения достаточного просвета, необходимого для установки крепежной детали, следует выдерживать определенную точность расположения осей отверстий.

В ГОСТ 14140–81 приведена методика определения позиционного допуска T в диаметральном выражении – удвоенного допускаемого значения расстояния между реальным расположением оси отверстия и его номинальным расположением. Величина позиционного допуска зависит от следующих условий:

1) типа соединения – A или B (рис. 10);

2) величины зазора $S_{\min} = D_0 - d$,

где D_0 – наименьший предельный диаметр сквозного отверстия; d – наибольший предельный диаметр стержня крепежной детали.

D_0 выбирается из ряда ГОСТ 11284–75 в зависимости от диаметра d, мм, крепежной детали (табл. 4).

Таблица 4

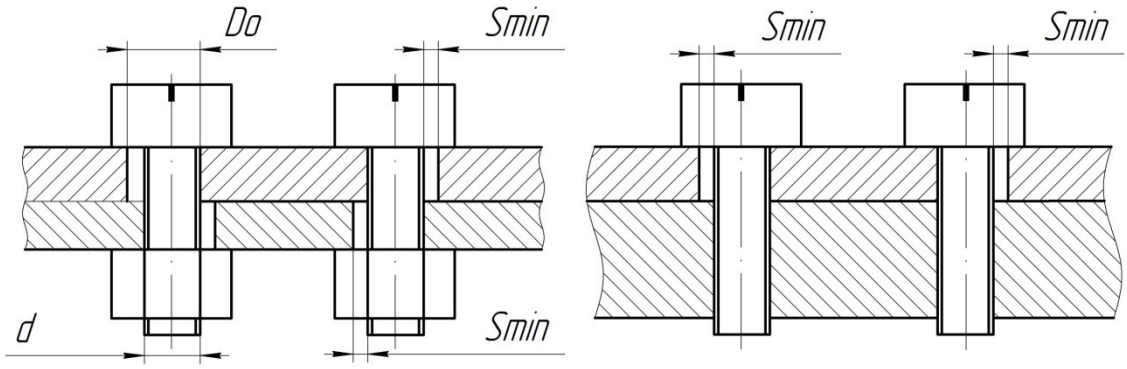
d	D_0	d	D_0	d	D_0
2	2,2	3	3,2	5	5,3
	2,4		3,4		5,5
	2,6		3,6		5,8
2,5	2,7	4	4,3	6	6,4
	2,9		4,5		6,6
	3,1		4,8		7,0

Позиционный допуск T устанавливается одинаковым для обеих соединяемых деталей и определяется по формулам:

$$T = k\,S_{min}$$ – для соединений типа А,

$$T = 0{,}5\,k\,S_{min}$$ – для соединений типа В,

где k – коэффициент использования зазора: $k = 1$ или 0,8 – для соединений, не требующих регулировки взаимного расположения деталей после сборки; $k = 0{,}6$ или 0,8 – при необходимости регулировки.



Тип А Тип В

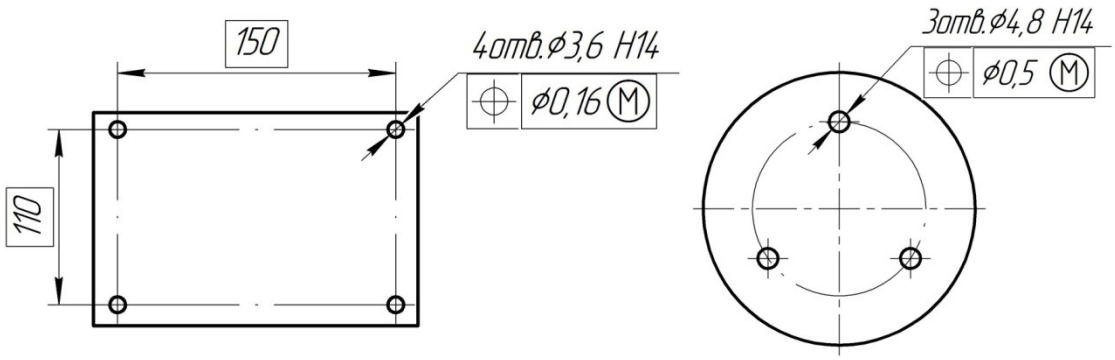
Рис. 10

Вычисленные значения позиционных допусков должны соответствовать следующим стандартным значениям: 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8. Другие значения ряда получаются умножением или делением приведенных значений на 10 в любой целой степени.

На рис. 11 приведены примеры указания позиционного допуска в прямоугольной и полярной системах координат.

На рис. 11, *а* приведена печатная плата, которая крепится к кассете винтами М3, соединение типа В, коэффициент использования зазора $k = 0{,}6$. Позиционный допуск $T = 0{,}5\,k\,S_{min} = 0{,}5 \cdot 0{,}6\,(3{,}6 - 3{,}0) = 0{,}18$ мм. Окончательно принимаем T = 0,16 мм. Номинальные размеры заключаются в рамки. Это означает, что допуски на них определяются заданным позиционным допуском.

На рис. 11, *б* приведена крышка, которая крепится к корпусу винтами М4, соединение типа А, коэффициент использования зазора $k = 0{,}6$. Позиционный допуск $T = k\,S_{min} = 0{,}6\,(4{,}8 - 4{,}0) = 0{,}48$ мм. Окончательно принимаем T = 0,5 мм.



а *б*

Рис. 11

Знак Ⓜ указывает на то, что допуск – зависимый и может быть расширен, так как действительный зазор между отверстием и стержнем может быть больше минимального из-за предельных отклонений отверстия и стержня.

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ

На любой поверхности детали, как бы тщательно она не была обработана, всегда имеются микронеровности. При многократном увеличении профиль сечения можно представить в виде, подобном изображенному на рис. 12, где приняты обозначения: l – базовая длина, в пределах которой определяются числовые значения параметров шероховатости; m – средняя линия профиля, проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение реального профиля до этой линии минимально; y – отклонение точек реального профиля от средней линии; y_p – высота выступа профиля; y_v – глубина впадины профиля.

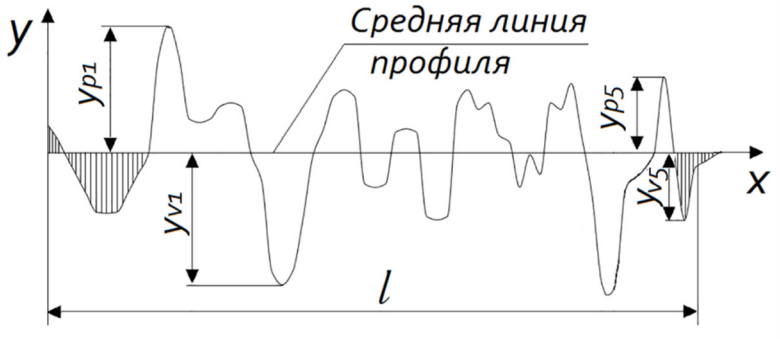


Рис. 12

Шероховатость поверхности определяется размером и формой микронеровностей в нормальном сечении на базовой длине и измеряется в микрометрах (ГОСТ 25142–82). Из всех параметров шероховатости чаще всего используют R_a и R_z.

Среднее арифметическое отклонение профиля (R_a) определяется как среднее арифметическое абсолютных значений отклонения профиля от средней линии в пределах базовой длины:

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

где n – число контролируемых точек.

Высота неровностей профиля по десяти точкам (R_z) определяется как сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^{5} \left| y_{pi} \right| + \sum_{i=1}^{5} \left| y_{vi} \right| \right].$$

Числовые значения параметров R_a и R_z назначаются из ряда: 1; 0,8; 0,63; 0,50; 0,40; 0,32; 0,25; 0,16; 0,125. Значения, выходящие из этого диапазона, получаются умножением или делением на 10^n, например 25; 2,5; 0,25; 0,025. Значения параметров ограничены: $R_{a\ \max}$ = 100 мкм; $R_{a\ \min}$ = 0,008 мкм; $R_{z\ \max}$ = 1600 мкм; $R_{z\ \min}$ = 0,025 мкм.

Параметры шероховатости выбирают в зависимости от ряда факторов, например от требований к внешнему виду детали, условий эксплуатации, от требований к соединению, от технологического процесса обработки поверхности.

Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах

Значение шероховатости обязательно указывается на всех поверхностях, которые должны быть обработаны по данному чертежу. В обозначении шероховатости поверхности применяют один из следующих знаков:

$\sqrt{}$ – вид обработки поверхности конструктором не устанавливается (предпочтительный знак);

$\sqrt{}$ – поверхность должна быть обработана удалением слоя материала, например точением, фрезерованием, сверлением;

$\sqrt{}$ – поверхность должна быть образована без удаления слоя материала, например литьем, или поверхность по данному чертежу не обрабатывается.

Знак ставится острием на обозначаемую поверхность детали или на выносную линию от этой поверхности. Размеры знака (рис. 13, *а*): $H = (1{,}5...3)h$, где h – высота размерных цифр на чертеже.

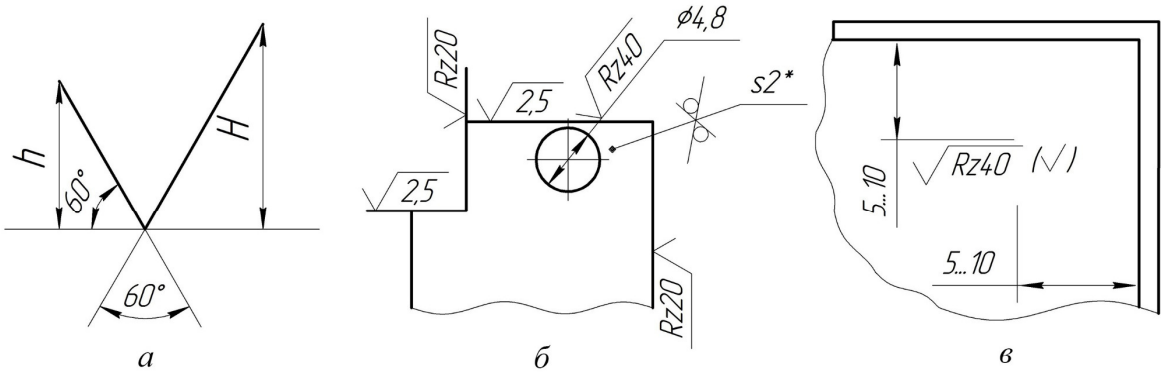


Рис. 13

Параметр шероховатости и его численное значение указываются под полкой знака (рис. 13, *б*).

Если большое количество поверхностей имеет одинаковую шероховатость, то ее обозначение на изображение не наносят, а в правом верхнем углу чертежа помещают общее обозначение шероховатости этих поверхностей (рис. 13, *в*). Эта запись означает, что поверхности, для которых на чертеже шероховатость не указана, должны иметь ее не грубее R_z 40.

ВЫБОР ПОСАДОК, ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ И ШЕРОХОВАТОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Выбор типа посадки зависит от ряда требований. В подвижных соединениях требуется определенная точность перемещения и возможность смазки трущихся поверхностей. В неподвижных соединениях кроме точности требуется прочность соединения, возможность передачи статических и динамических нагрузок. К этим требованиям добавляются необходимость частых сборок и разборок, высокая точность центрирования соединяемых деталей, технологичность соединения.

В табл. 5 приведены некоторые рекомендованные посадки для типовых соединений деталей, которые нашли широкое применение в приборо- и машиностроении. В целях снижения трудоемкости и стоимости изделий количество посадок ограничено.

Шероховатость сопряженных поверхностей должна соответствовать выбранной посадке, зависит от функционального назначения поверхностей деталей и точности их обработки. Для ориентировочного выбора значений параметров R_a и R_z можно пользоваться следующими приближенными соотношениями: для поверхностей неподвижных посадок величина $R_a \approx 0{,}1$ IT; для

подвижных – $R_a \approx (0{,}05...0{,}1)$IT; для несопрягаемых поверхностей – $R_z \approx$ $\approx (0{,}2...0{,}25)\,\mathrm{IT}$. Для каждого типа посадки в табл. 5 приведена рекомендованная шероховатость сопрягаемых поверхностей.

Назначение предельных отклонений точных (сопрягаемых) размеров

Предельные отклонения точных (сопрягаемых) размеров назначают исходя из выбранной посадки.

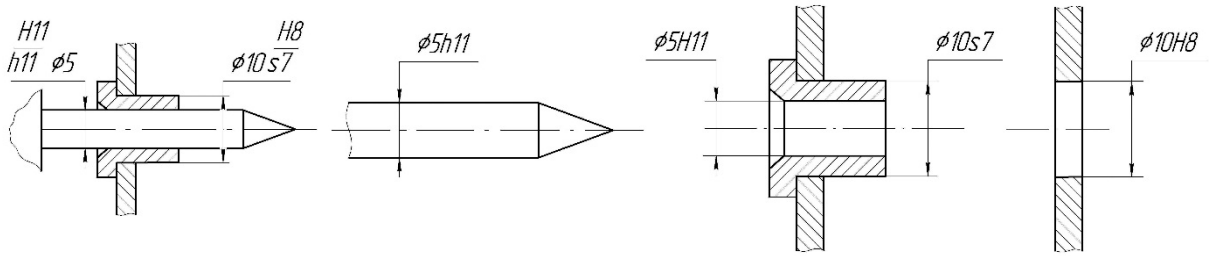


Рис. 14

Для примера на рис. 14 показан узел фиксации модуля в блоке, состоящий из трех деталей – ловителя, втулки и стенки блока. Свободное перемещение ловителя во втулке, не требующее высокой точности, обеспечивается выбором посадки с зазором H11/h11, неподвижное крепление втулки в стенке блока – посадкой с натягом H8/s7. Исходя из этого выбора назначены предельные отклонения соответствующих сопрягаемых размеров.

Таблица 5

Назначение соединения	Посадка	Шероховатость, мкм
С зазором		
Соединение высокой точности деталей, перемещающихся поступательно	H7/h6	R_a 0,63 ... R_a 1,25
Соединение средней точности для свободного взаимного перемещения деталей, обеспечивающее легкость сборки	H9/h8	R_a 1,25 ... R_a 2,5
Соединение деталей невысокой точности, обеспечивающее легкую сборку или свободное относительное перемещение	H11/h11, H12/h12	R_a 2,5 ... R_z 20
Подвижное соединение высокой точности, обеспечивающее герметичность	H7/g6	R_a 0,32 ... R_a 0,63
Соединение высокой точности вращающихся деталей	H7/f6	R_a 0,32 ... R_a 0,63
Переходная		
Легкоразъемное соединение высокой точности без дополнительного крепления для передачи небольших статических нагрузок	H7/ j_s6, J_s7/h6	R_a 0,63 ... R_a 1,25

Окончание табл. 5

Назначение соединения	Посадка	Шероховатость, мкм
Точное неподвижное соединение с дополнительным креплением штифтом, шпонкой или винтом для передачи значительных усилий. Легкая сборка	H7/к6, K7/h6	R_a 0,63 ... R_a 1,25
Точное неподвижное соединение без дополнительного крепления для передачи средних усилий	H7/n6	R_a 0,63 ... R_a 1,25
С натягом		
Неподвижное соединение без дополнительного крепления для передачи средних и больших нагрузок. Сборка с помощью пресса или температурных деформаций	H7/r6, H7/s6	R_a 0,63 ... R_a 1,25
То же для передачи небольших усилий. Сборка под прессом	H8/s7	R_a 0,63 ... R_a 1,25
Соединение тонкостенных деталей для передачи небольших усилий с дополнительным креплением	H7/p6	R_a 0,63 ... R_a 1,25

Точность выполнения размеров и шероховатость поверхностей зависит от выбранного технологического процесса обработки. В табл. 6 приведены возможности различных методов обработки. Каждому методу обработки соответствует определенный диапазон квалитетов и шероховатости поверхностей.

Таблица 6

Технологический процесс	Точность линейных размеров, квалитеты		Шероховатость, мкм
	обычная	повышенная	
Обработка резанием			
Токарная	12–14	6	R_z 20–R_a 0,63
Фрезерная	12–14	8	R_z 40–R_a 0,63
Шлифование	10	6	R_a 2,5–R_a 0,16
Сверление	14	10	R_z 40–R_a 2,5
Развертывание	9	6	R_a 2,5–R_a 0,63
Растачивание отверстий	7	6	R_a 2,5–R_a 0,32
Литье			
В песчаные формы	16	14	R_z 160–R_z 80
По выплавляемым моделям	14	11	R_z 20–R_a 2,5
В кокиль	14	11	R_z 40–R_z 20
Под давлением	12	10	R_z 20–R_a 2,5
Холодная штамповка			
Вырубка диаметров	14	11	R_z 40
Вырубка длин	16	13	R_z 40
Вырубка уступов	16	13	R_z 40
Гибка	$\pm t_3/2$	$\pm t_2/2$	–

Таблица 7

Вид обработки	Интервал размеров, мм						
	до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50
	Точность выполнения размеров, мм						
Сверление по разметке:							
обычная точность	±0,5	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2	±1,6	±2,0
повышенная точность	±0,2	±0,25	±0,3	±0,35	±0,4	±0,45	±0,5
Сверление и развертывание по кондуктору	±0,05	±0,06	±0,07	±0,08	±0,09	±0,10	±0,12
Растачивание на станках:							
обычная точность	±0,05						
повышенная точность	±0,02						

В табл. 7 приведены возможности различных способов выполнения размеров между осями отверстий и от баз до этих осей.

Большинство размеров на чертежах деталей, как правило, являются свободными (несопрягаемыми) и предельные отклонения на эти размеры назначаются по 12–18-му квалитетам. ГОСТ 2.307–2011 разрешает не указывать предельные отклонения для таких размеров непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа при условии, что эта запись однозначно определяет значения и знаки предельных отклонений.

В учебных документах рекомендуется следующая форма записи: *«Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий – H14; валов – h14; прочих – ±0,5IT14».*

Таблица 8

Класс точности	Предельные отклонения для интервалов номинальных размеров, мм					
	от 0,5 до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 30	св. 30 до 120	св. 120 до 400	св. 400 до 1000
Точный, f	± 0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3
Средний, m	±0,10	±0,10	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
Грубый, c	±0,20	±0,30	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0
Очень грубый, v	–	±0,50	±1,0	±1,5	±2,5	±4,0

Для предельных отклонений относительно низкой точности, которые не указываются непосредственно у размеров, а оговариваются общей записью в технических требованиях, ГОСТ 30893.1–2002 вводит классы точности: точный класс (f), средний класс (m), грубый класс (c), очень грубый класс (v). В табл. 8 приведены значения предельных отклонений линейных размеров от 0,5 до 1000 мм в соответствии с этими классами точности. Все размеры и допуски указаны в миллиметрах.

Назначение предельных отклонений свободных (несопрягаемых) размеров

Для обработки свободных (несопрягаемых) поверхностей экономически целесообразно использовать обычные точность и шероховатость поверхностей.

Необходимо отметить, что ГОСТ 30893.1–2002 распространяется на гладкие элементы металлических деталей приборов и машин, обработанные резанием. Этот стандарт рекомендуется также и для неметаллических деталей, получаемых литьем, штамповкой, прессованием и другими методами. Пример рекомендуемой общей надписи в чертежах учебных документов при использовании этого стандарта: *«Общие допуски по ГОСТ 30893.1 – m»*.

РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Резьбы широко применяются в приборостроении для обеспечения разъемных соединений. Резьбы, применяемые для неподвижного соединения деталей, называют крепежными. В качестве крепежных резьб в нашей стране применяются в основном метрические цилиндрические резьбы, профиль которых в осевом сечении есть треугольник со срезанной вершиной и углом при вершине 60°.

Взаимозаменяемость резьб обеспечивается стандартным профилем (ГОСТ 9150–81), диаметрами и шагами (ГОСТ 8724–81), основными размерами (ГОСТ 24705–81), допусками и посадками резьб (ГОСТ 16093–81, ГОСТ 24834–81).

Погрешность изготовления резьбы определяется совокупностью отклонений ее геометрических параметров: наружного, среднего и внутреннего диаметров болта и гайки, шага и углов наклона. Аналогично гладким элементам для каждого из этих параметров применяются соответствующие термины: номинальный и предельные размеры, предельные отклонения, допуск, посадка, зазор и т. п. Базой для отсчета предельных отклонений (нулевой линией) является номинальный профиль резьбы. Стандарты нормируют допустимые отклонения по среднему, наружному и внутреннему диаметрам резьбовых поверхностей отдельно для болтов (нарезанных стержней) и гаек (нарезанных отверстий).

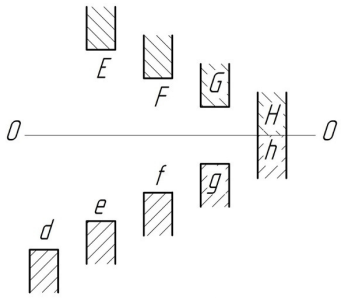


Рис. 15



Рис. 16

Для посадок с зазором стандартом установлены следующие основные отклонения (рис. 15, 16): для болтов – *d*, *e*, *f*, *g*, *h* (по среднему и наружному диаметрам d_2 и *d*); для гаек – *E*, *F*, *G*, *H* (по среднему и внутреннему диаметрам D_2 и D_1).

Расположение полей допусков в резьбовом соединении гайки H по среднему и внутреннему диаметрам и болта g по среднему и наружному диаметрам приведено на рис. 16, где *D*, *d* – номинальный наружный диаметр резьбы; d_1, D_1 – номинальный внутренний диаметр; d_2, D_2 – номинальный средний диаметр. Отклонения на рисунке обозначены только для средних диаметров болта и гайки, причем для резьбовых соединений указываются половины полей допусков, так как отсчет ведется от оси болта и гайки, которые совпадают. T – допуск.

ГОСТ 16093–81 устанавливает степени точности выполнения резьбовых поверхностей (подобно квалитетам для гладких элементов), приведенные в табл. 9.

Таблица 9

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Степени точности
Наружная	*d*	4, 6, 8
	d_2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10*
Внутренняя	D_2	4, 5, 6, 7, 8, 9*
	D_1	4, 5, 6, 7, 8

* Только для резьбы на деталях из пластмасс.

Таблица 10

Класс точности	Поле допуска резьбы	
	наружной	внутренней
Точный	4g, 4h	4H5H, 5H
Средний	6d, 6e, 6f, **6g**, 6h	6G, **6H**
Грубый	8g, 8h*	7G, 7H

* Поля допусков ограниченного применения (только для резьб с шагом более 0,8 мм).

В табл. 10 приведены поля допусков, установленные ГОСТ 16093–81 в трех классах точности для посадок с зазором для нормальной длины свинчивания. Предпочтительные поля допусков выделены жирным шрифтом.

Резьбы точного класса применяют для ответственных резьбовых соединений, среднего класса – в резьбовых соединениях общего назначения, грубого класса – при пониженных требованиях к точности.

Обозначение поля допуска резьбы

Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первое место, и обозначения поля допуска диаметра выступов, например 7g6g для болта и 5H6H для гайки. Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, то оно в обозначении поля допуска резьбы не повторяется, например 6g для болта и 5H для гайки.

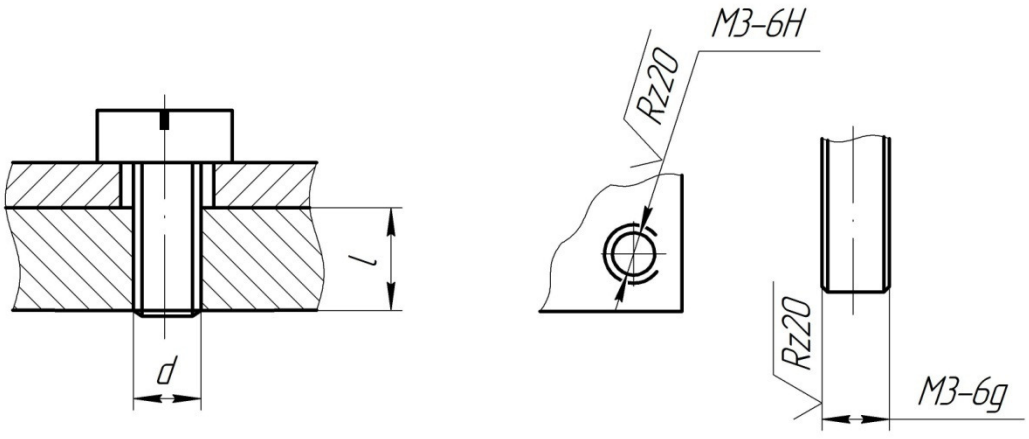
Поле допуска резьбы должно следовать за обозначением размера резьбы, причем крупный шаг и нормальная длина свинчивания не указываются. Например, M12-6g – крупная метрическая резьба на стержне с наружным диаметром 12 мм, выполненная по шестой степени точности с основным отклонением g по среднему и наружному диаметрам; M12-6H – крупная резьба в отверстии; M12x1-6g – мелкая резьба с шагом 1 мм на стержне; M12x1-6H – мелкая резьба в отверстии.

Посадка в резьбовом соединении обозначается дробью: в числителе – поле допуска гайки, в знаменателе – поле допуска болта, например M12-6H/6g. Эта посадка с зазором имеет предпочтительное применение, обеспечивает небольшой гарантированный зазор, облегчает свинчиваемость резьб и позволяет применять тонкие защитные покрытия.

Помимо посадок с зазором в резьбовых соединениях при необходимости применяют также посадки с натягом и переходные.

Шероховатость поверхностей крепежных резьб

На крепежных резьбах в деталях учебных документов рекомендуется для среднего класса точности указывать шероховатость R_z20 или $R_a = 5{,}0$, а для грубого класса точности – R_z40.



а *б* *в*

Рис. 17

Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по правилам, приведенным в ГОСТ 2.309–73 (рис. 17).

Рекомендации по выбору размеров и точности крепежных резьб в учебных документах

Размеры резьбовых деталей (винтов и гаек) определяются обычно требованиями прочности, точности, технологичности и условиями компоновки. Резьбы менее М3 применяют при незначительных усилиях свинчивания и малых габаритах крепежного узла. Крепежные детали с резьбой более М4 имеют значительные размеры, требуют много места для своего размещения, но могут воспринимать значительные усилия.

Наибольшее применение в несущих конструкциях в электроприборостроении получили крепежные детали с резьбой М3 и М4 с крупным шагом.

Длина свинчивания l, при которой обеспечивается надежное соединение деталей, приблизительно определяется следующим образом: стальной винт в стальную деталь $l \geq (1...1{,}5)d$; стальной винт в деталь из цветного сплава $l \geq (1{,}5...2)d$; где d – номинальный диаметр резьбы (рис. 17, *а*). Приведенные рекомендации примерно соответствуют нормальной длине свинчивания по ГОСТ 16093–81.

Точность крепежных резьб следует назначать по среднему классу точности с полями допусков: для болтов – 6g , для гаек – 6Н. Примеры обозначения таких резьб на чертежах приведены на рис. 17, *б* и *в*.

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

Несущие конструкции (НК) РЭА состоят из деталей и элементов, изготовленных из различных материалов. Выбор материала зависит от назначения детали, от механических, технологических и экономических требований. К механическим требованиям относятся значения предельных напряжений упругости, текучести, прочности, твердость материала; к технологическим – обрабатываемость резанием, пластичность, свариваемость, коррозионная стойкость и возможность термической обработки; к экономическим – цена.

При конструировании деталей НК используют черные и цветные металлы и сплавы, неметаллические материалы (пластмассы). В табл. 11 приведены основные материалы, их свойства и рекомендуемое назначение.

Таблица 11

Материал, марка	Технологические свойства	Рекомендуемое применение
Углеродистая сталь обыкновенного качества (ГОСТ 380–88) Ст 0, Ст1, ..., Ст7	Высокие пластичность и свариваемость. Низкая коррозионная стойкость	Сварные каркасы рам, стоек, блоков и оснований неответственного назначения
Углеродистая качественная конструкционная сталь (ГОСТ 1050–88) 08, 10, ..., 35	Высокие пластичность и свариваемость. Низкая коррозионная стойкость	Слабонагруженные детали с высокой пластичностью, полученные сваркой, штамповкой, гибкой и резанием
Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали 4Х13 (ГОСТ 7350–77) Х18Н9Т (ГОСТ 5632–72)	Высокие прочность и износоустойчивость. Высокие упругость и пластичность. Высокие коррозийные свойства	Ответственные детали НК и механизмов приборов для работы в среднеагрессивных средах
Алюминиевые литейные сплавы (ГОСТ 1583–89) АЛ2, АЛ9	Умеренная коррозионная стойкость. Высокая свариваемость. Низкая пластичность	Литые рамы и каркасы НК, плоские и объемные литые конструкции, требующие легкого веса, достаточной прочности и устойчивости против атмосферной коррозии
Алюминиевые деформируемые сплавы (ГОСТ 4784–74) АМц, АМг, Д1, Д16, В95	Высокая коррозионная стойкость в атмосферных условиях. Высокие пластичность и свариваемость	Сварные каркасы рам, стоек и блоков НК. Средненагруженные детали приборов и сварных конструкций. Кожухи и крышки
Титановые сплавы (ГОСТ 19807–74) ВТ3, ВТ5, ВТ10	Высокие прочность и вязкость при малой плотности. Высокие коррозионная стойкость, пластичность и свариваемость	Литые и сварные конструкции НК

Окончание табл. 11

Материал, марка	Технологические свойства	Рекомендуемое применение
Медь (ГОСТ 859–78) М1, М3	Высокие электро- и теплопроводность. Высокие коррозионная стойкость, пластичность и паяемость	Токопроводящие детали НК и приборов, экраны, теплоотводящие шины
Латунь литейная ЛС59–1Л (ГОСТ 17711–80) Латунь деформируемая (ГОСТ 2060–73) Л63, ЛС59–1	Хорошо обрабатывается резанием. Высокие коррозионная стойкость и пластичность. Умеренная свариваемость	Токопроводящие детали НК и приборов, изготовляемые литьем, штамповкой, вытяжкой и резанием
Текстолит (ГОСТ 5–78) ПТ, ПТК	Высокие диэлектрические, антифрикционные и механические свойства, хорошо обрабатывается резанием	Электроизоляционные детали НК и приборов, несущие невысокие нагрузки
Стеклотекстолит электротехнический листовой (ГОСТ 12652–74) СТ, СТЭФ, СТЭН	Высокие теплостойкость, электроизоляционные и механические свойства. Хорошо обрабатывается резанием и штамповкой	Детали НК и приборов с высокими требованиями к электроизоляционным свойствам: печатные платы, панели
Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные (ГОСТ 10316–78) ГФ-1, ГФ-2, СФ-1, СФ-2	Высокие теплостойкость, электроизоляционные и механические свойства. Хорошо обрабатывается резанием и штамповкой	Одно- и двухсторонние печатные платы
Фторопласт-3 (ГОСТ 13744–87) Фторопласт-4 (ГОСТ 10007–80)	Высокие диэлектрические свойства. Малый коэффициент трения. Высокие химическая стойкость и теплостойкость. Детали получают механической обработкой, сваркой, литьем и прессованием	Электроизоляционные детали низко- и высокочастотной аппаратуры
Полистирол (ГОСТ 20282–74)	Высокие диэлектрические свойства. Химически и водостоек. Детали получают механической обработкой, сваркой, литьем и прессованием	Электроизоляционные детали высокочастотной аппаратуры. Для изделий, работающих в условиях тропического климата

Большинство черных и цветных металлов и сплавов поставляется в виде листов, полос, лент, труб, проволоки, прутков различного профиля, фасонных профилей.

Листовой стеклотекстолит поставляется в виде листов толщиной от 0,5 до 50 мм, фольгированные материалы – от 0,5 до 3 мм. Фторопласт и полистирол поставляются в виде порошка и гранул.

Материал указывается на чертеже детали условным обозначением, установленным стандартами. Обозначение материала должно содержать наименование материала, марку и номер стандарта. Если деталь должна быть изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера, то материал данной детали записывается в соответствии с присвоенным ему в стандарте на сортамент обозначениями.

Примеры обозначений материала на чертеже:

Сталь 20 ГОСТ 1050–88

Лист $\frac{\text{В1.0 ГОСТ 19904–90}}{\text{10кп ГОСТ 1050–88}}$

Лист АМг6-1 ГОСТ 21631–76

Стеклотекстолит СФ-2-50-1,5 ГОСТ 10316–78

Сплав АЛ2 ГОСТ 1583–89

Круг $\frac{\text{В16 ГОСТ 2590–88}}{\text{30 ГОСТ 1050–88}}$

Пруток D16T.КР.20Н ГОСТ 21488–76

Покрытия

Для защиты металлических материалов от коррозии и старения (кроме нержавеющей стали) применяют различные металлические, неметаллические и лакокрасочные покрытия. Если поверхность детали должна отвечать также и эстетическим требованиям, то назначают защитно-декоративные покрытия. Для придания поверхности требуемых электрических свойств назначают электропроводные и электроизоляционные покрытия, для обеспечения одновременно нескольких требований – многослойные покрытия.

Запись условного обозначения покрытия производят в технических требованиях чертежа по ГОСТ 9.306–85 в следующем порядке: 1) способ получения покрытия; 2) обозначение материала покрытия; 3) толщина покрытия; 4) обозначение функциональных или декоративных свойств покрытия (при необходимости); 5) обозначение дополнительной обработки (при необходимости).

Запись обозначения покрытия производят в строчку. Все составляющие обозначения отделяют друг от друга точками, за исключением материала покрытия и толщины.

Примеры способов получения покрытий и их обозначений: катодное восстановление – без обозначения; анодное окисление – Ан; химический – Хим; диффузионный – Диф.

Примеры обозначений материала покрытий: кадмий – Кд; медь – М; никель – Н; олово – О; серебро – С; хром – Х; цинк – Ц.

Обозначение неметаллических неорганических покрытий: окисное – Окс; фосфатное – Фос.

Толщина покрытия на поверхности детали указывается в мкм после материала покрытия и должна соответствовать стандартному ряду толщин покрытий. Толщину покрытия, равную 1 мкм или менее, в обозначении не указывают.

Обозначения функциональных свойств покрытий: твердое – тв; электроизоляционное – эиз; электропроводное – э.

Примеры обозначений декоративных свойств покрытий: зеркальное – зк; блестящее – б; матовое – м; гладкое – гл; шероховатое – ш.

Цвет покрытия обозначают полным наименованием цвета, за исключением черного цвета – ч.

Примеры дополнительной обработки покрытия: нанесение лакокрасочного покрытия – лкп; оксидирование – окс; оплавление – опл; пропитка (лаком, клеем) – прп; пропитка маслом – прм; хроматирование – хр.

Таблица 12

Металл детали	Покрытие	Пример записи обозначения покрытия
Сталь	Цинковое, толщиной 6 мкм, хроматированное, способ получения – катодное восстановление	Ц6.хр
	Кадмиевое, толщиной 12 мкм, хроматированное, способ получения – тот же	Кд12.хр
	Никелевое блестящее, толщиной 15 мкм, способ получения – тот же	Н15.б
	Медно-никелевое с подслоем меди толщиной 9 мкм и никеля 12 мкм, способ получения – тот же	М9.Н12
	Никелевое, толщиной 9 мкм, получено химическим способом	Хим.Н9
Алюминиевые сплавы	Анодно-окисное хроматированное	Ан.Окс.хр
	Анодно-окисное электроизоляционное	Ан.Окс.эиз
Медь, медные сплавы	Горячее покрытие припоем ПОС61	Гор. ПОС61

Для правильного выбора покрытия следует учитывать назначение и материал детали, условия эксплуатации, назначение, свойства и способ нанесения покрытия, допустимость контакта материалов детали и покрытия. Основные требования и рекомендации по выбору покрытий приведены в стандартах Единой системы защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС).

Примеры условных обозначений неорганических покрытий приведены в табл. 12.

Лакокрасочные покрытия

Лакокрасочные покрытия представляют собой пленку лака или краски, нанесенную в один или несколько слоев на поверхность детали и высушенную при определенном режиме. Такие покрытия защищают поверхность детали от коррозии, одновременно придавая ей соответствующий цвет и блеск.

Обозначение покрытия записывают в следующем порядке (ГОСТ 9.032–74): 1) обозначение лакокрасочного материала внешнего слоя покрытия; 2) класс покрытия; 3) обозначение условий эксплуатации в части воздействия климатических факторов и воздействия особых сред.

Обозначения материала, класса покрытия и условий эксплуатации отделяют точками.

В качестве материалов для лакокрасочных покрытий применяют различные эмали, лаки и краски соответствующих цветов и декоративных свойств, предназначенные для различных условий эксплуатации. Например, для окраски приборов, эксплуатируемых в условиях умеренного климата, используются меламинные эмали МЛ-279 и МЛ-1156; пентафталиевые эмали ПФ-115; эпоксидные эмали ЭП-51; полиуретановые эмали УР-1161 и др.

Лакокрасочные покрытия по внешнему виду получаемой поверхности подразделяют на семь классов, каждый из которых имеет ряд показателей по блеску, по наличию штрихов и рисок, волнистости. Для окраски приборов, находящихся в зоне зрительного восприятия человеком, рекомендуется использовать покрытия II, III, IV классов. Наивысший класс – первый (I).

Условия эксплуатации лакокрасочных покрытий задаются макроклиматическим районом и категорией размещения изделия с покрытием.

Различают следующие макроклиматические районы: холодный – Х; умеренный – У; тропический – Т; общеклиматический для суши – О; а также их варианты, например: тропический влажный – ТВ; тропический сухой – ТС; общеклиматический морской – ОМ.

Категории размещения изделий: 1 – на открытом воздухе; 2 – под навесом; 3 – в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без кондиционирования; 4 – в помещениях с искусственным климатом; 5 – в помещениях с повышенной влажностью.

В части воздействия особых сред на лакокрасочные покрытия условия эксплуатации делятся на следующие группы: водостойкие – 4; специаль-

ные – 5; маслобензостойкие – 6; химически стойкие – 7; термостойкие – 8; электроизоляционные – 9/1; электропроводные – 9/2. В каждой группе условия эксплуатации уточняют по подгруппам, например: 4/1 – воздействие пресной воды и ее паров; 4/2 – то же для морской воды.

Пример обозначения лакокрасочного покрытия:

Эмаль МЛ-152 синяя. II. У1 – покрытие синей эмалью МЛ-152 по II классу, умеренного макроклиматического района, для эксплуатации на открытом воздухе.

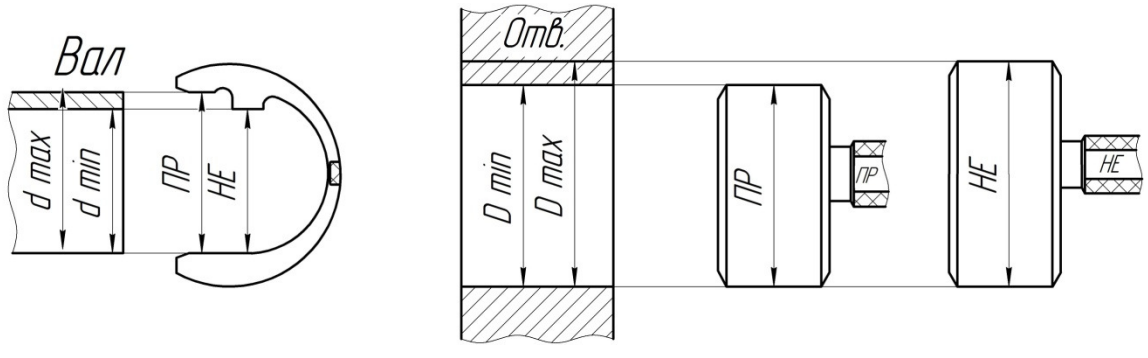
Если лакокрасочному покрытию предшествует металлическое или неметаллическое покрытие, то их обозначения разделяют чертой дроби, например, Ан.Окс.хр / Эмаль МЛ-279 серая. II. У2 – анодно-окисное хроматированное покрытие с последующим окрашиванием эмалью МЛ-279 по II классу, умеренного макроклиматического района, для эксплуатации под навесом.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

В серийном и массовом производстве основным средством контроля размеров деталей являются калибры, которые с высокой точностью воспроизводят размеры и форму элементов детали.

Предельный калибр имеет два размера, которые соответствуют наибольшему и наименьшему предельным размерам детали. Если действительный размер детали находится между предельными размерами калибра, то деталь считается годной, если действительный размер выходит за предельные размеры – деталь бракуется. Для контроля одного размера необходимо два калибра: проходной ПР и непроходной НЕ. Принципы выбора предельных размеров калибров и схемы контроля гладких размеров вала и отверстия приведены на рис. 18.

Для контроля размеров вала служат предельные калибры-скобы (рис. 18, *а*), для контроля размеров отверстия – калибры-пробки (рис. 18, *б*).



а *б*

Рис. 18

При контроле размера проходные калибры должны свободно проходить по валу или через отверстие под действием собственного веса или небольшого усилия. Непроходные калибры не должны проходить по валу или через отверстие. При выполнении этих условий гарантируется, что действительный размер вала или отверстия находится между предельными размерами.

По аналогичному принципу построены калибры для контроля резьб – резьбовые калибры, для контроля конусов – конусные калибры, калибры для контроля расположения поверхностей и осей.

Шероховатость поверхности измеряется либо непосредственно специальными приборами типа профилографов и профилометров, либо сравнением действительной шероховатости поверхности с образцами. Метод сравнения наиболее распространен в условиях производства. Для реализации этого метода на производстве должен быть набор образцов различной шероховатости, полученных тем же методом обработки, что и контролируемая поверхность.

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

При оформлении чертежей деталей рекомендуется следующий порядок выполнения операций, обеспечивающих взаимозаменяемость деталей:

1) назначается точность изготовления сопрягаемых размеров;

2) назначается точность изготовления свободных размеров;

3) назначается точность резьб;

4) назначаются допуски формы и расположения поверхностей;

5) назначаются допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей;

6) назначается шероховатость точных и свободных поверхностей;

7) выбирается сортамент материала;

8) назначается покрытие.

Пример 1. На рис. 19 изображен чертеж ловителя модуля РЭА. Ловитель изготовлен из стального прутка марки 20 с наружным диаметром 8 мм резанием на токарном станке. Отверстие ∅2 выполнено сверлением.

Ловитель в модуле (рис. 14) должен свободно с зазором перемещаться во втулке, образуя подвижную посадку невысокой точности. Для такого соединения из табл. 5 выбираем посадку H11/h11, обеспечивающую заданные требования. С учетом этого назначаем для вала ∅5 поле допуска h11.

Для свободных размеров по табл. 6 назначаем 14-й квалитет, обеспечивающий обычную точность для токарной обработки и сверления. Предельные отклонения для валов и отверстия указываем условными обозначениями полей допусков, например 2h14, 45h14, ∅2H14. Для прочих свободных линейных размеров назначаем симметричный допуск ± 0,5IT14, который записываем в технические требования чертежа. Радиус закругления *R*0,5 не является конструктивным элементом, поэтому точность его выполнения не указываем.

Ловитель изготовлен из прутка ∅8. Наружный диаметр одного элемента ловителя оставлен без обработки, о чем свидетельствует знак * около ∅8 и соответствующая запись в технических требованиях.

Для резьбы М4 по табл. 10 назначаем средний класс точности с полем допуска 6g.

Требования к допускам формы и расположения поверхностей ловителя не выходят за рамки допусков на соответствующие размеры, поэтому их на чертеже не указываем.

Крепежных отверстий в детали нет.

Для сопрягаемой поверхности ∅5h11 по табл. 6 назначаем шероховатость R_a = 2,5 мкм.

Для остальных обрабатываемых поверхностей по табл. 6 назначаем одинаковую шероховатость R_z20 и указываем ее в правом верхнем углу чертежа. Наружная поверхность ∅8 не обрабатывается, о чем свидетельствует знак $\sqrt{}$.

Материал ловителя и его сортамент определены ранее. Соответствующая запись сделана в графе *Материал* основной надписи чертежа.

По табл. 12 для стальной детали назначаем цинковое покрытие толщиной 6 мкм, хроматированное, полученное катодным восстановлением. Запись о покрытии приведена в технических требованиях чертежа.

Пример 2. На рис. 20 изображен чертеж ручки модуля РЭА. Ручка изготовлена литьем под давлением из алюминиевого сплава АЛ9. Два паза шириной по 1 мм получены фрезерованием. Два отверстия ∅2,9 получены сверлением и предназначены для крепления ручки к передней панели модуля винтами М2,5 (соединение типа А).

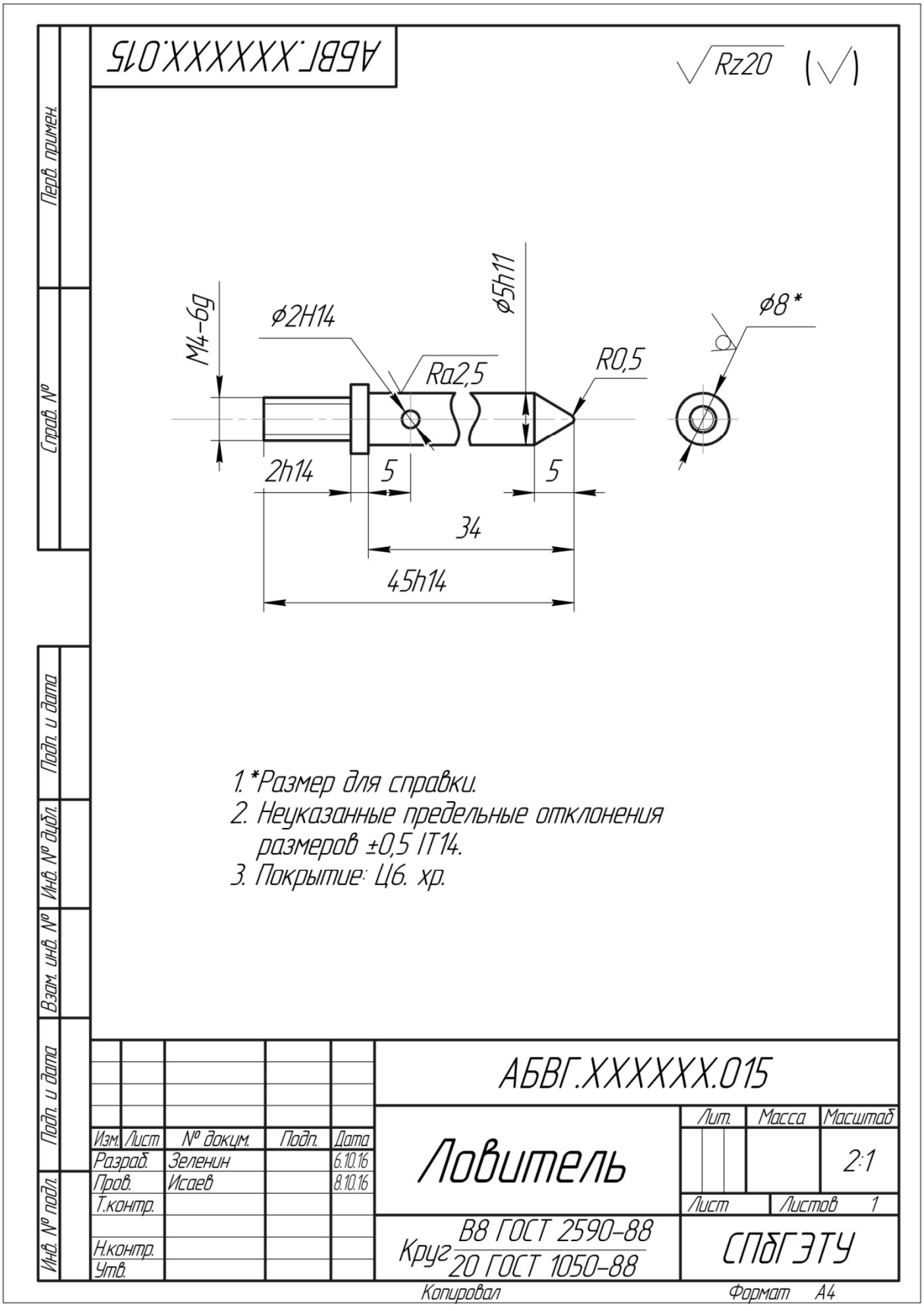

АБВГ.XXXXXX.015
Rz20
M4-6g
ø2H14
ø5h11
Ra2,5
R0,5
ø8*
2h14
5
5
34
45h14
1. *Размер для справки.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров ±0,5 IT14.
3. Покрытие: Ц6. хр.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Зеленин 6.10.16
Пров. Исаев 8.10.16
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
АБВГ.XXXXXX.015
Ловитель
Лит. Масса Масштаб
2:1
Лист Листов 1
Круг В8 ГОСТ 2590-88 / 20 ГОСТ 1050-88
СПбГЭТУ
Копировал
Формат А4

Рис. 19

Точных сопрягаемых размеров в детали нет.

Для свободных размеров по табл. 6 назначаем допуски по 12-му квалитету, обеспечивающие обычную точность для литья под давлением и фрезерования. Предельные отклонения для валов и отверстий указываем непосредственно числовыми значениями у размеров, например $12^{+0,18}$, $4_{-0,12}$. Для уступов назначаем симметричный допуск $\pm 0,5$IT12, например $10 \pm \pm 0,075$. Для отверстий ∅2,9, полученных сверлением, назначаем допуск по 14-му квалитету (∅$2,9^{+0,25}$).

Радиус закругления *R*2 необходим для плавного сопряжения двух поверхностей и не является конструктивным элементом, поэтому точность его выполнения не указываем.

Для обеспечения технологичности литой детали предусмотрены закругления острых кромок радиусом не более 0,5 мм, для извлечения детали из формы – литейные уклоны до 1°. Требования к литейным радиусам и уклонам приведены в технических требованиях чертежа. Точность этих радиусов и уклонов, поскольку они не являются конструктивными элементами, также не указываем.

Крепежные отверстия ∅2,9 должны при сборке совпасть с аналогичными отверстиями на лицевой панели модуля.

Позиционный допуск T при коэффициенте использования зазора $k = 0,6$ для соединения типа А определяется по формуле $T = kS_{min} = 0,6\ (2,9 - 2,5) = = 0,24$ мм. Окончательно принимаем T = 0,25 мм и указываем его условным обозначением у крепежного отверстия. Размер 10 мм между осями крепежных отверстий заключаем в прямоугольную рамку. Это означает, что допуск на него определяется заданным позиционным допуском.

Для двух пазов, полученных фрезерованием, назначаем по табл. 6 шероховатость R_z20, которую указываем непосредственно на этих поверхностях. Для всех остальных литых поверхностей по табл. 6 назначаем обычную шероховатость R_z20 и помещаем запись об этом в правом верхнем углу чертежа.

Запись о материале детали – алюминиевом сплаве АЛ9 – в основной надписи чертежа.

По табл. 12 для детали из алюминиевого сплава назначаем анодно-окисное покрытие с хроматированием.

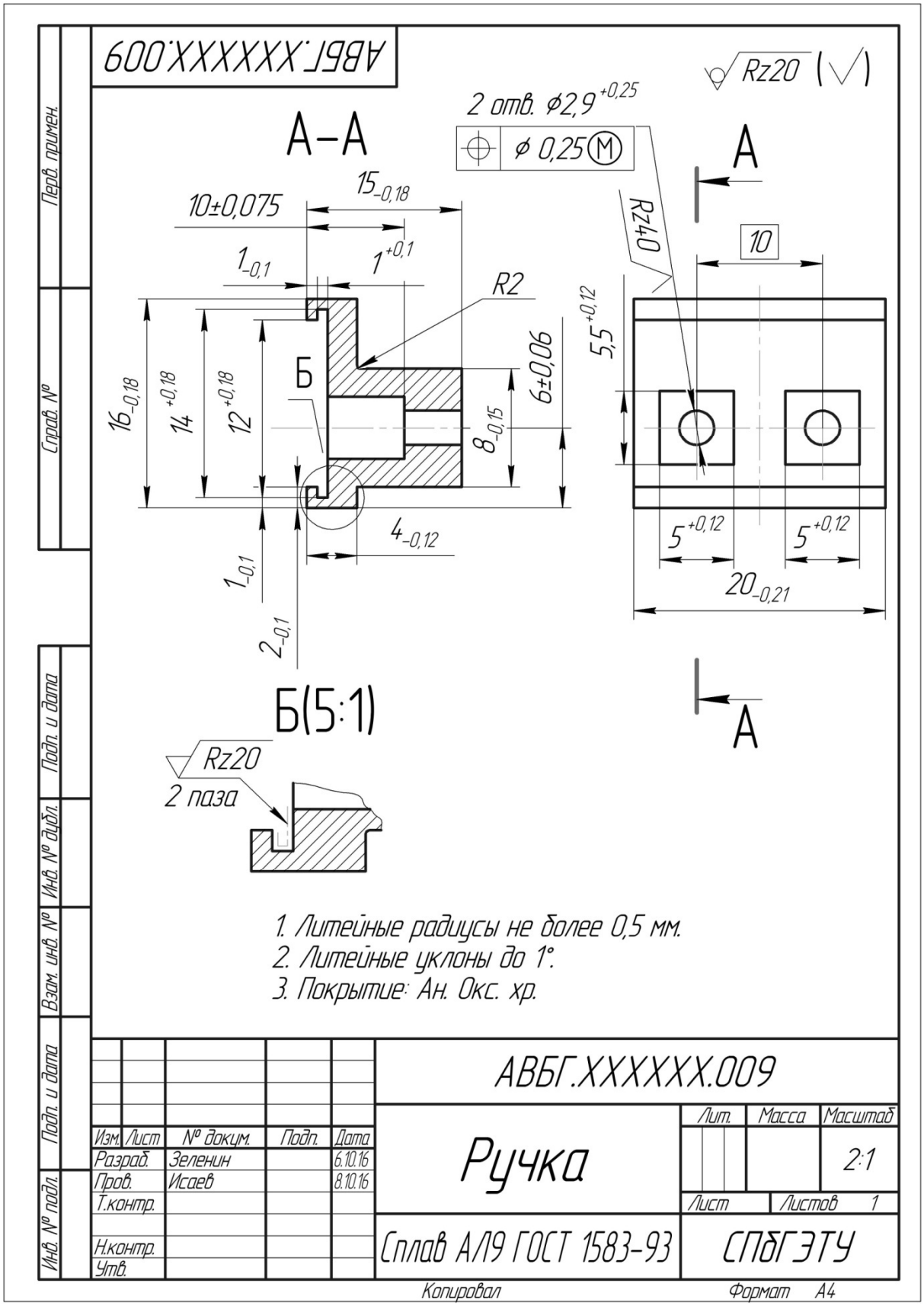

АВБГ.ХХХХХХ.009
Rz20 (√)
2 отв. ⌀2,9 +0,25
⌀ 0,25 M
А–А
А
10±0,075
15 -0,18
1 -0,1
1 +0,1
R2
R40
10
5,5 +0,12
16 -0,18
14 +0,18
12 +0,18
Б
6±0,06
8 -0,15
4 -0,12
5 +0,12
5 +0,12
20 -0,21
1 -0,1
2 -0,1
Б(5:1)
Rz20
2 паза
1. Литейные радиусы не более 0,5 мм.
2. Литейные уклоны до 1°.
3. Покрытие: Ан. Окс. хр.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Зеленин 6.10.16
Пров. Исаев 8.10.16
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
АВБГ.ХХХХХХ.009
Ручка
Лит. Масса Масштаб
2:1
Лист Листов 1
Сплав А19 ГОСТ 1583-93
СПбГЭТУ
Копировал
Формат А4

Рис. 20

Пример 3. На рис. 21 изображен чертеж задней панели модуля РЭА.

Панель изготовлена штамповкой из листа алюминиевого сплава АМг6 толщиной 1,5 мм. Все отверстия для крепежных деталей получены сверлением. Четыре отверстия ∅4,5 предназначены для соединения с рамкой модуля винтами М4, два отверстия ∅3,4 – для крепления разъема. Все соединения относятся к типу А.

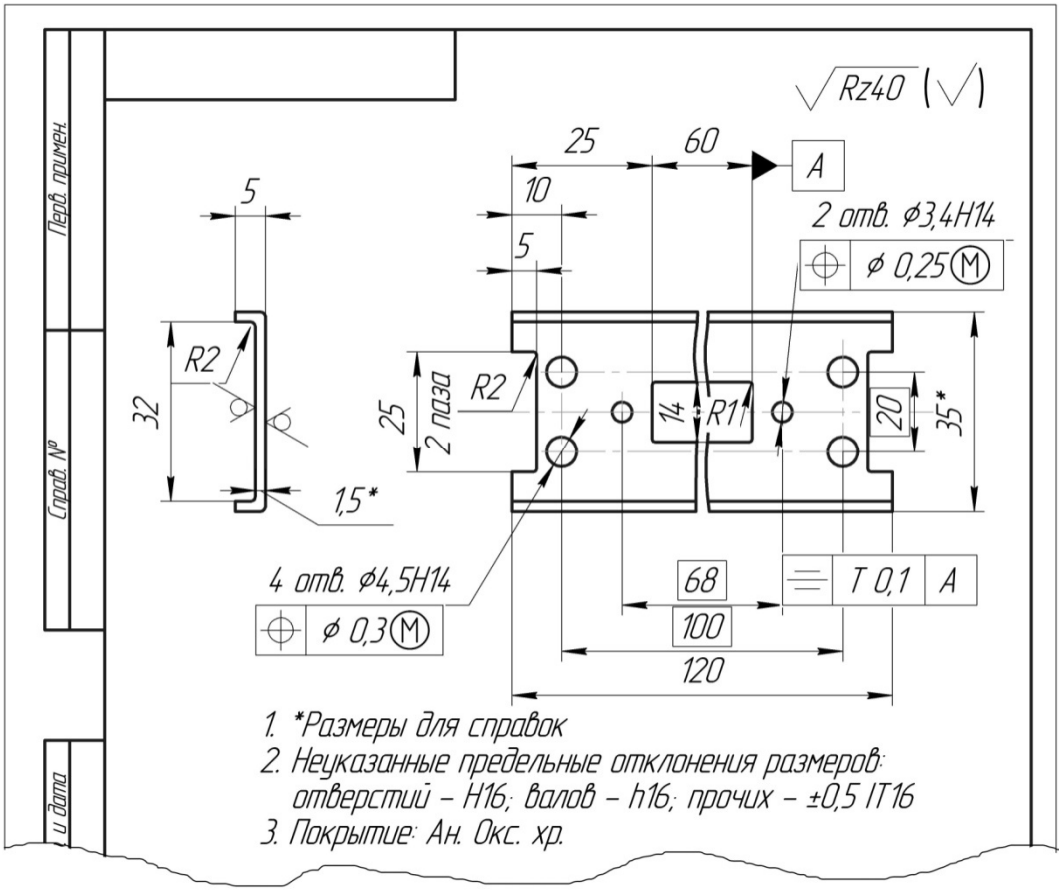


Рис. 21

Точных сопрягаемых размеров в детали нет.

Для свободных размеров по табл. 6 назначаем допуски по 16-му квалитету, что является обычной точностью для штамповки при вырубке длин и уступов. Для размеров, полученных гибкой, и прочих размеров назначаем симметричный допуск $\pm 0{,}5$IT16. Поскольку большинство размеров на чертеже имеет один и тот же класс точности (16-й квалитет), то целесообразно предельные отклонения валов, отверстий и прочих размеров указать условными обозначениями полей допусков в технических требованиях чертежа.

Для отверстий, полученных сверлением, назначаем допуски H14.

Точность выполнения радиусов вырубки и гибки не указываем.

Лист 1,5 мм по толщине не обрабатывается, поэтому размер 1,5 мм является справочным и отмечен на чертеже *. К справочным относится и размер 35 мм, который получен суммированием выполняемого размера 32 мм и двух толщин листа.

В окно размером 14×60 мм устанавливается разъем и закрепляется двумя винтами М3 через отверстия ∅3,4. Для обеспечения легкой сборки оба отверстия должны быть расположены симметрично относительно окна. Для этого на чертеже на межосевое расстояние 68 мм назначен допуск симметричности Т = 0,1 мм относительно оси симметрии окна, которая принята за базу и отмечена специальным знаком и буквой А. Без указания допуска симметричности отверстия, из-за низкой точности изготовления при штамповке, могут быть смещены относительно окна, что затруднит сборку.

В панели имеются две группы крепежных отверстий. Позиционный допуск Т для четырех отверстий ∅4,5 для коэффициента использования зазора k = 0,6 и соединения типа А вычисляем по формуле $T = k\,S_{min} = 0{,}6\,(4{,}5 - 4{,}0) = 0{,}3$ мм. Значение этого допуска указываем у отверстия ∅4,5, а размеры 20 и 100 между осями отверстий заключаем в рамки.

Аналогично вычисляем позиционный допуск для двух отверстий ∅3,4: $T = kS_{min} = 0{,}6\,(3{,}4 - 3{,}0) = 0{,}24$ мм. Окончательно принимаем Т = 0,25 мм и указываем его у отверстия ∅3,4, а размер 68 между осями этих отверстий также заключаем в рамку.

Поверхности листа дополнительно не обрабатываются, поэтому непосредственно на них указываем знак $\sqrt{}$. Для остальных поверхностей, полученных при штамповке и сверлении, по табл. 6 назначаем шероховатость R_z40 и указываем ее в правом верхнем углу чертежа.

Для панели, изготовленной из листа алюминиевого сплава, назначаем по табл. 12 анодно-окисное покрытие с хроматированием.

Пример 4. На рис. 22 приведен чертеж передней панели модуля РЭА. Панель изготовлена из листа алюминиевого сплава АМг6 толщиной 2,5 мм резанием: контур – фрезерованием, отверстия – сверлением. Два резьбовых отверстия М2,5 предназначены для крепления панели к блоку невыпадающими винтами М2,5 (соединение типа В), три отверстия ∅2,9 – для крепления печатной платы и ручки винтами М2,5 (соединение типа А).

Точных сопрягаемых размеров в детали нет.

Наружные размеры панели получены фрезерованием. По табл. 6 обычная точность для фрезерования – 12-й – 14-й квалитеты. При установке модулей в блоке между двумя панелями за счет допусков могут возникнуть зазоры. При выполнении размера 130 с допуском по 14-му квалитету максимальный зазор между двумя соседними по вертикали панелями может составить 2 мм (см. табл. 1), что ухудшает внешний вид блока. Поэтому на размеры 20 и 130 мм назначаем допуски по 12-му квалитету. Зазор между соседними панелями по вертикали при этом не превысит 0,8 мм.

Для отверстий, выполненных сверлением, назначаем допуск H14.

Для прочих размеров назначаем симметричный допуск $\pm 0{,}5$IT14.

Лист по толщине не обрабатывается, поэтому размер 2,5 является справочным, что отмечается на чертеже *.

Для резьбовых отверстий M2,5 по табл. 10 назначаем средний класс точности резьбы с полем допуска 6H.

В панели имеются две группы крепежных отверстий. Для трех отверстий ∅2,9 позиционный допуск $T = kS_{min} = 0{,}6\ (2{,}9 - 2{,}5) = 0{,}24$ мм. Принимаем $T = 0{,}25$ мм и указываем на чертеже по аналогии с предыдущими примерами.

Для резьбовых отверстий позиционный допуск $T = 0{,}5kS_{min} = 0{,}5k(D_1 - d_1)$. Принимаем $k = 1$; $D_1 = 2{,}0$ мм – внутренний диаметр резьбы, нарезанной в панели; $d_1 = 1{,}6$ мм – диаметр гладкой части стержня невыпадающего винта M2,5 (ГОСТ 10341–80). Окончательно: $T = 0{,}5 \cdot 1\ (2{,}0 - 1{,}6) = 0{,}2$ мм. Соответствующую запись делаем на чертеже.

Для поверхностей детали, полученных фрезерованием и сверлением, по табл. 6 назначаем шероховатость R_z20. Поверхности листа оставляем без обработки и отмечаем с обеих сторон знаком $\sqrt{\ }$.

В качестве защитного покрытия выбираем анодно-окисное покрытие с хроматированием. Поскольку наружная поверхность передней панели модуля должна иметь эстетичный вид, поверхность А дополнительно окрашиваем светло-серой эмалью ПФ-218 по II классу, для эксплуатации покрытия в закрытых помещениях с естественной вентиляцией умеренного макроклиматического района.

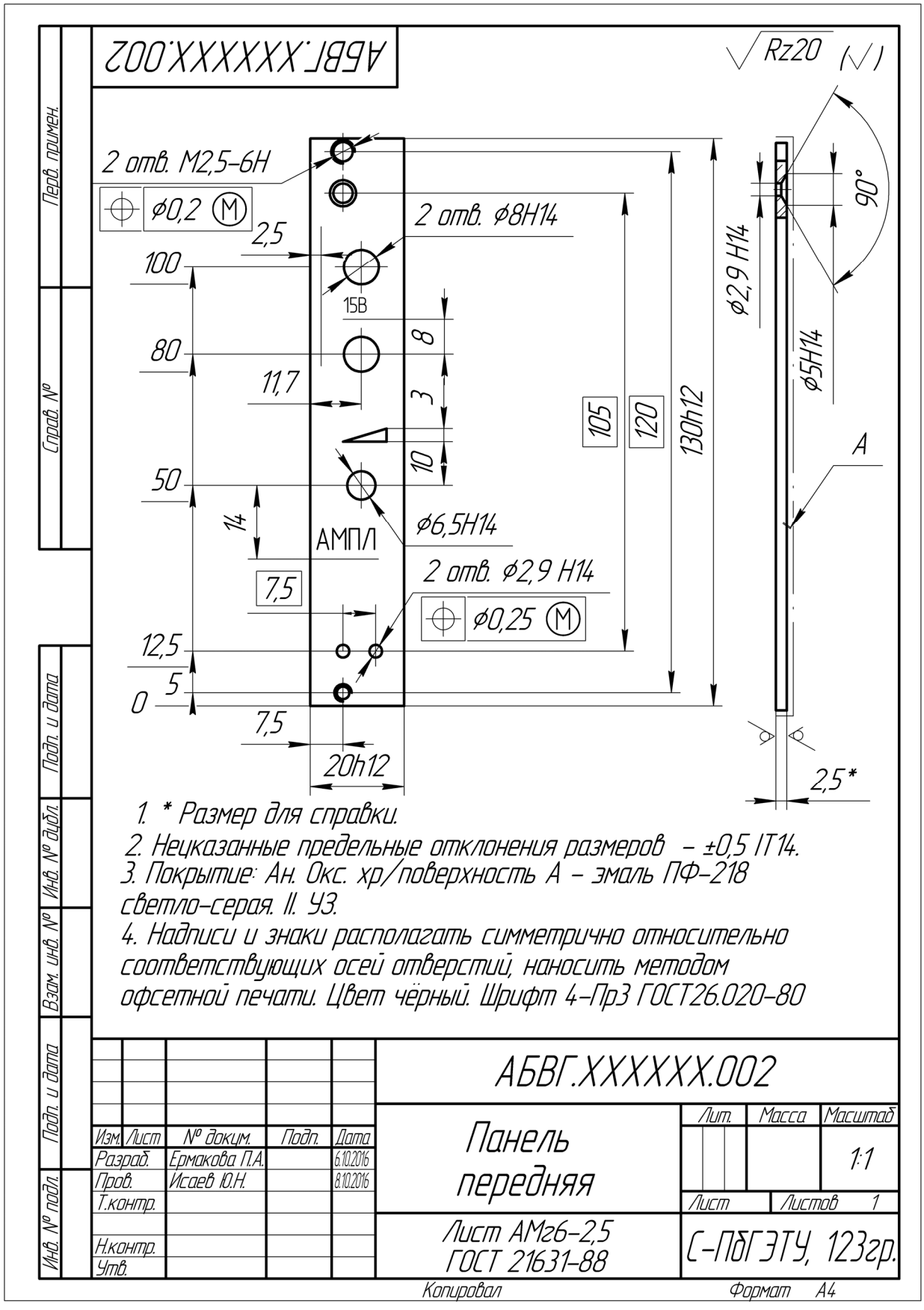

АБВГ.XXXXXX.002
Rz20
2 отв. М2,5-6Н
⌖ ⌀0,2 Ⓜ
2 отв. ⌀8Н14
2,5
100
15В
80
8
11,7
3
10
50
14
АМПЛ
⌀6,5Н14
7,5
2 отв. ⌀2,9 Н14
⌖ ⌀0,25 Ⓜ
12,5
5
0
7,5
20h12
105
120
130h12
⌀2,9 Н14
⌀5Н14
90°
А
2,5*
1. * Размер для справки.
2. Нецказанные предельные отклонения размеров – ±0,5 IT14.
3. Покрытие: Ан. Окс. хр/поверхность А – эмаль ПФ-218 светло-серая. II. УЗ.
4. Надписи и знаки располагать симметрично относительно соответствующих осей отверстий, наносить методом офсетной печати. Цвет чёрный. Шрифт 4-Пр3 ГОСТ26.020-80
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Ермакова П.А. 6.10.2016
Пров. Исаев Ю.Н. 8.10.2016
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
АБВГ.XXXXXX.002
Панель передняя
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов 1
Лист АМг6-2,5 ГОСТ 21631-88
С-ПбГЭТУ, 123гр.
Копировал
Формат А4

Рис. 22

Отличительной особенностью передних панелей модулей и приборов является наличие надписей и различных знаков. Положение надписей и знаков задается размерами аналогично другим элементам детали. Для надписей дополнительно указывается размер шрифта. При серийном производстве надписи и знаки выполняют, например, методом офсетной печати шрифтом по ГОСТ 26.020–80; в единичном производстве – гравированием шрифтом по ГОСТ 26.008–85.

Пример 5. На рис. 23 приведен чертеж рамки модуля РЭА.

Рамка изготовлена литьем под давлением из алюминиевого сплава АЛ9. Гладкие и резьбовые отверстия выполнены резанием. Четыре отверстия ∅3,6 служат для крепления рамки к передней панели модуля винтами М3 (соединение типа А). Восемь резьбовых отверстий М3 – для крепления двух печатных плат винтами М3 (соединение типа В). Два резьбовых отверстия М3 на заднем торце рамки – для установки ловителей.

При установке модуля в блок рамка должна свободно с невысокой точностью перемещаться по направляющим блока. По табл. 5 такое соединение обеспечивает посадка H12/h12. Поэтому на сопрягаемый размер 155 назначаем допуск h12.

Для свободных размеров (валов, отверстий и пр.) по табл. 6 назначаем допуски по 12-му квалитету, что соответствует обычной точности при литье под давлением. Поскольку большинство размеров имеет один и тот же класс точности (12-й квалитет), то предельные отклонения на валы, отверстия и прочие размеры указываем условными обозначениями полей допусков и запись о них выносим в технические требования чертежа.

Литейные радиусы и радиусы сопряжения поверхностей, а также угловые размеры скоса кромок направляющих оставляем без указания точности.

Для резьбовых отверстий, выполненных резанием, по табл. 10 назначаем средний класс точности резьбы с полем допуска 6H.

Передние торцевые поверхности рамки при сборке модуля соприкасаются с плоской поверхностью передней панели. Из-за литейных уклонов и неточности изготовления торцевые поверхности рамки могут иметь значительное отклонение от плоскостности. Для того чтобы избежать деформации передней панели при сборке, задаем допуск плоскостности обеих торцевых поверхностей рамки относительно общей прилегающей плоскости 0,1 мм. Допуск плоскостности условным обозначением указываем на чертеже. Указанный допуск обеспечивается дополнительной обработкой торцов рамки резанием, например, фрезерованием.

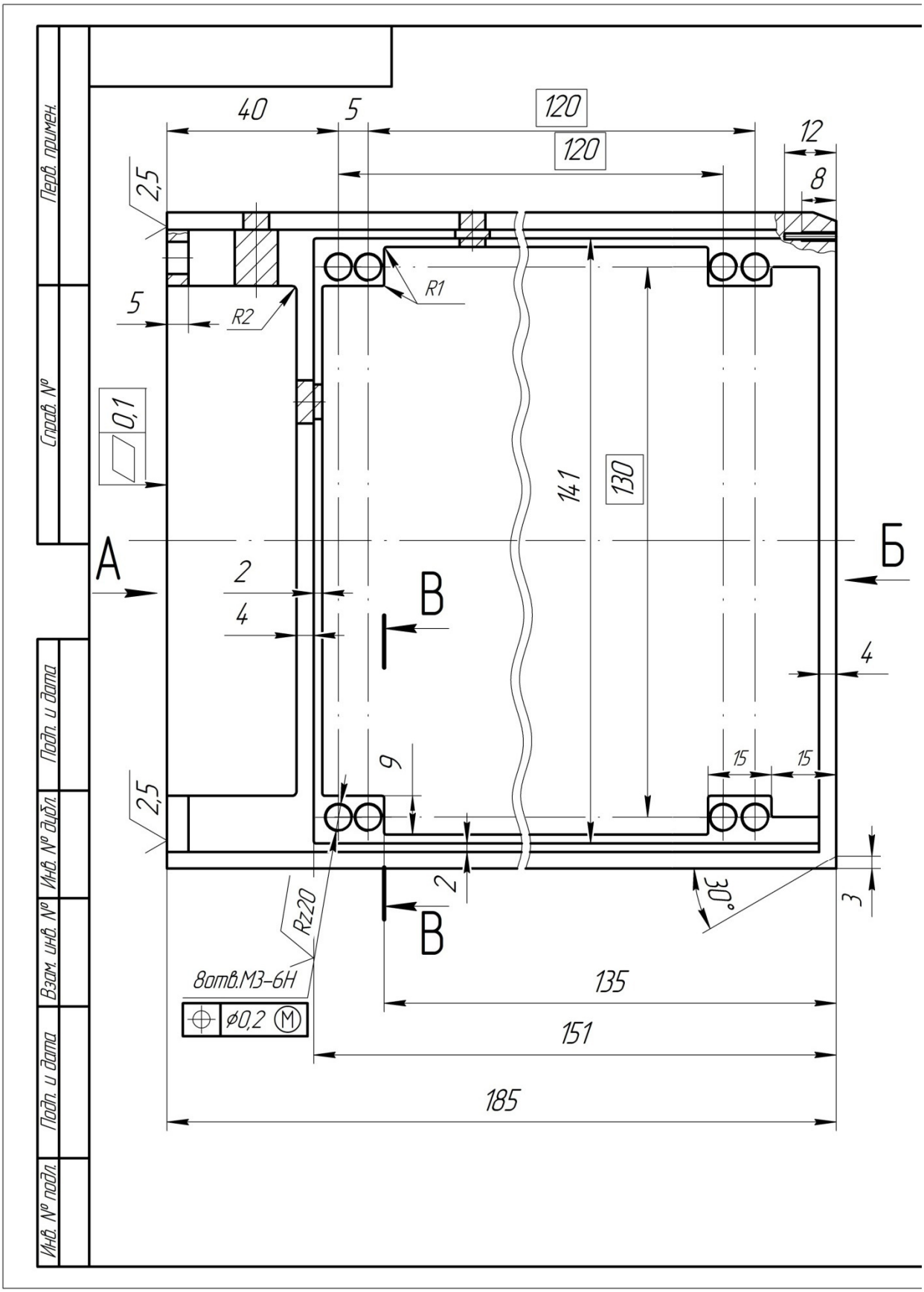
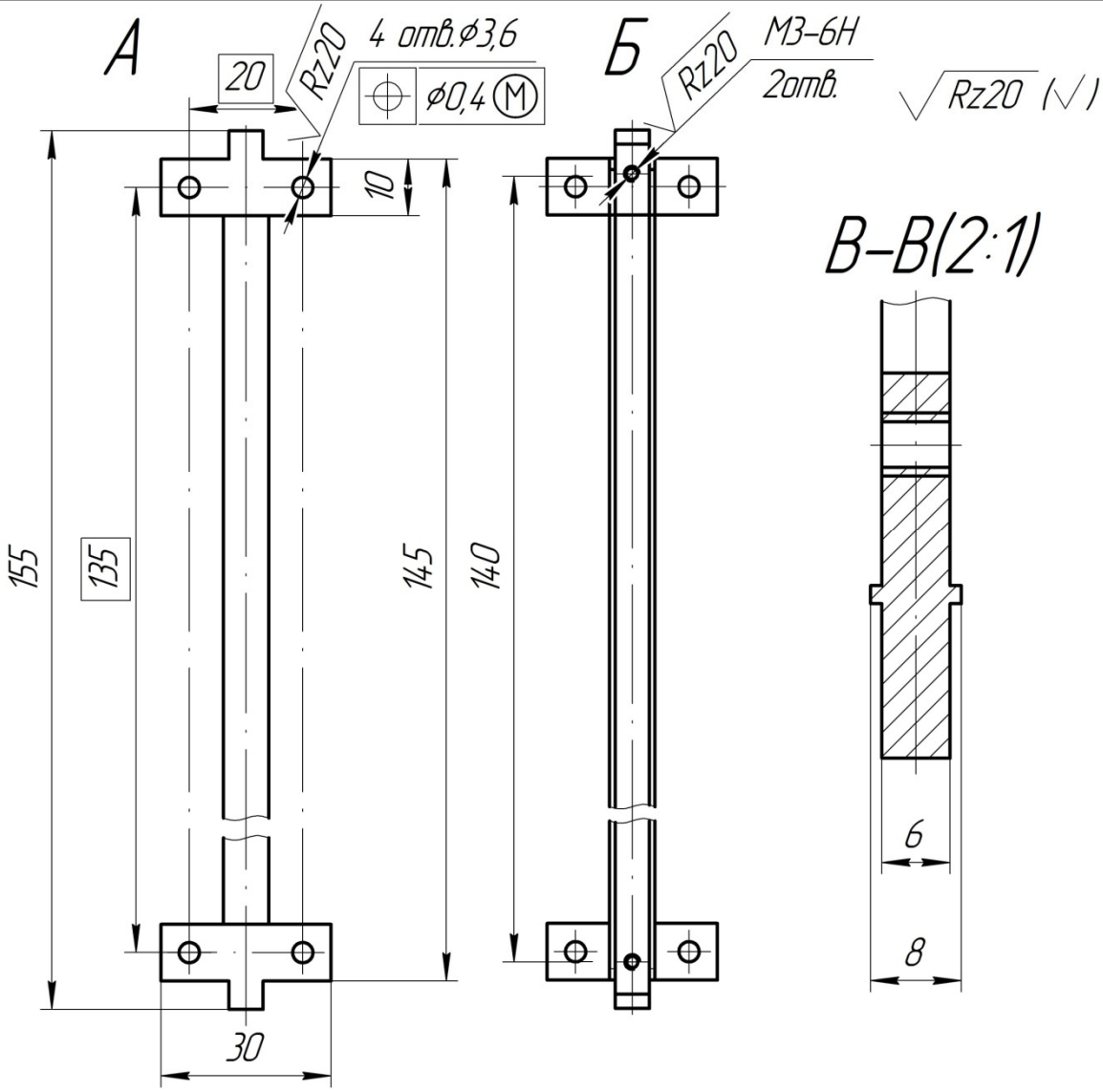

40
5
120
120
12
8
2,5
R1
5
R2
0,1
141
130
А
Б
В
2
4
4
9
15
15
2,5
2
В
30°
3
R220
8отв.М3-6Н
ø0,2 Ⓜ
135
151
185
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Рис. 23



1. Неуказанные предельные отклонения размеров:
отверстий – H12; валов – h12; остальных – ±0,5IT12.
2. Литейные радиусы не более 0,5мм.
3. Покрытие: Ан. Окс. хр.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ермакова П.А.		6.10.2016
Пров.		Исаев Ю.Н.		8.10.2016
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Рамка

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Сплав АЛ9 ГОСТ 1583-93

С-ПбГЭТУ, 123гр

Копировал

Формат А3

На рамке имеется несколько групп крепежных отверстий. Принимаем для всех групп коэффициент использования зазора к = 0,6. Для четырех отверстий ∅3,6 позиционный допуск $T = kS_{min} = 0,6\ (3,6 - 3,0) = 0,36$ мм. Принимаем T = 0,4 мм и по аналогии с предыдущими примерами делаем соответствующие записи на чертеже.

При определении позиционного допуска для резьбовых отверстий, предназначенных для крепления печатных плат, считаем, что соответствующие отверстия в печатных платах имеют ∅3,6. С учетом этого $T = 0,5kS_{min} = 0,5 \cdot 0,6\ (3,6 – 3,0) = 0,18$ мм. Принимаем T = 0,2 мм и делаем соответствующую запись на чертеже.

Два резьбовых отверстия М3 на заднем торце рамки не являются крепежными, так как в каждом из них в отдельности устанавливается по одному ловителю.

Для обеспечения заданного допуска плоскостности торцевых поверхностей рамки задаем их шероховатость не хуже R_a = 2,5 мкм, что легко обеспечивается, например, фрезерованием этих торцов (см. табл. 6). Для гладких и резьбовых отверстий, полученных резанием, по этой же таблице назначаем обычную для этих технологических процессов шероховатость не хуже R_z20. Для всех остальных поверхностей, полученных при литье под давлением, назначаем по этой же таблице шероховатость, не хуже R_z20. Последнюю запись помещаем в правом верхнем углу чертежа.

Для рамки, изготовленной из алюминиевого сплава, по табл. 12 назначаем анодно-окисное покрытие с хроматированием.

В прил. 4 приведен перечень основных стандартов, регламентирующих основные нормы взаимозаменяемости деталей.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Нормальные линейные размеры (ГОСТ 6636–69), мм

Ряд				Дополнительный размер
R_a 5	R_a 10	R_a 20	R_a 40	
1,0	1,0	1,0	1,0	
			1,05	
		1,1	1,1	
			1,15	
	1,2	1,2	1,2	1,25
			1,3	1,35
		1,4	1,4	1,45
			1,5	1,55
1,6	1,6	1,6	1,6	1,65
			1,7	1,75
		1,8	1,8	1,85
			1,9	1,95
	2,0	2,0	2,0	2,05
			2,1	2,15
		2,2	2,2	2,3
			2,4	
2,5	2,5	2,5	2,5	
			2,6	2,7
		2,8	2,8	2,9
			3,0	3,1
	3,2	3,2	3,2	3,3
			3,4	3,5
		3,6	3,6	3,7
			3,8	3,9
4,0	4,0	4,0	4,0	4,1
			4,2	4,4
		4,5	4,5	4,6
			4,8	4,9
	5,0	5,0	5,0	5,2
			5,3	5,5
		5,6	5,6	5,8
			6,0	6,2
6,3	6,3	6,3	6,3	6,5
			6,7	7,0
		7,1	7,1	7,3
			7,5	7,8
	8,0	8,0	8,0	8,2
			8,5	8,8
		9,0	9,0	9,2
			9,5	9,8

П р и м е ч а н и я:

1. Размеры, выходящие из диапазона 1...10 мм, получаются умножением или делением на 10^n, например, 0,25; 2,5; 25; 250 и т. д.

2. При выборе размеров предпочтение должно отдаваться рядам с более крупной градацией (ряд R_a5 следует предпочитать ряду R_a10, ряд R_a10 – ряду R_a20, ряд R_a20 – ряду R_a 40).

3. Дополнительные размеры, приведенные в таблице, допускается применять лишь в отдельных технически обоснованных случаях.

2. Рекомендуемые посадки в системе отверстия при номинальных размерах от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347–82)

Поле допуска основного отверстия	Основные отклонения валов																		
	a	b	c	d	e	f	g	h	j_s	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z
	Посадки																		
H7							**H7/g6**	**H7/h6**	**H7/j_s6**	**H7/k6**	H7/m6	**H7/n6**	**H7/p6**	**H7/r6**	**H7/s6**	H7/t6			
					H7/e7	H7/f7									H7/s7		H7/u7		
			H7/c8	H7/d8	**H7/e8**														
H8						H8/f7		*H*8/*h*7	H8/j_s7	H8/k7	H8/m7	H8/n7			H8/s7				
			H8/c8	H8/d8	**H8/e8**	H8/f8		**H8/h8**									H8/u8	H8/x8	H8/z8
				H8/d9	H8/e9	H8/f9		H8/h9											
H9					H9/e8	H9/f8		H9/h8											
				H9/d9	H9/e9	H9/f9		H9/h9											
H10								H10/h9											
				H10/d10				H10/h10											
H12		H12/b12						H12/h12											

Примечание: предпочтительные посадки выделены жирным шрифтом.

3. Рекомендуемые посадки в системе вала при номинальных размерах от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347–82)

Поле допуска основного вала	Основные отклонения отверстий																
	A	B	C	D	E	F	G	H	J_S	K	M	N	P	R	S	T	U
	Посадки																
h6						F7/h6	G7/h6	**H7/h6**	**Js7/h6**	**K7/h6**	M7/h6	**N7/h6**	**P7/h6**	R7/h6	S7/h6	T7/h6	
				D8/h6	E8/h6	**F8/h6**											
h7				D8/h7	E8/h7	F8/h7		**H8/h7**	Js8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7					U8/h7
h8				D8/h8	E8/h8	F8/h8		**H8/h8**									
				D9/h8	**E9/h8**	F9/h8		H9/h8									
h9								H8/h9									
				D9/h9	E9/h9	F9/h9		H9/h9									
				D10/h9				H10/h9									
h10				D10/h10				H10/h10									
h11	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11				**H11/h11**									
h12		B12/h12						H12/h12									

Примечание: предпочтительные посадки выделены жирным шрифтом.

4. ПЕРЕЧЕНЬ

основных стандартов, регламентирующих основные нормы взаимозаменяемости деталей

Основные нормы взаимозаменяемости (ОНВ). Единая система допусков и посадок (ЕСДП). Общие положения, ряды допусков и основных отклонений	ГОСТ 25346–89
ОНВ. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки	ГОСТ 25347–82
ОНВ. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками	ГОСТ 25670–83
ОНВ. ЕСПД. Поля допусков деталей из пластмасс	ГОСТ 25349–88
Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Нанесение размеров и предельных отклонений	ГОСТ 2.307–68
ОНВ. Нормальные линейные размеры	ГОСТ 6636–69
ОНВ. Нормальные углы и допуски углов	ГОСТ 8908–81
ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения	ГОСТ 24642–81
ОНВ. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения	ГОСТ 24643–81
ОНВ. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей	ГОСТ 25069–81
ОНВ. Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей	ГОСТ 14140–81
ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей	ГОСТ 2.308–79
Шероховатость поверхности. Термины и определения	ГОСТ 25142–82
Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики	ГОСТ 2789–73
ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей	ГОСТ 2.308–79
ОНВ. Резьба метрическая. Профиль	ГОСТ 9150–81
ОНВ. Резьба метрическая. Диаметры и шаги	ГОСТ 8724–81
ОНВ. Резьба метрическая. Основные размеры	ГОСТ 24705–81
ОНВ. Резьба метрическая для приборостроения. Диаметры и шаги	ГОСТ 16967–81
ОНВ. Резьба метрическая для приборостроения. Основные размеры	ГОСТ 24706–81
ОНВ. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором	ГОСТ 16093–81
ОНВ. Резьба метрическая. Посадки с натягом	ГОСТ 4608–81
ОНВ. Резьба метрическая. Переходные посадки	ГОСТ 24834–81

ОНВ. Резьба метрическая для деталей из пластмасс	ГОСТ 11709–81
ЕСКД. Изображение резьбы	ГОСТ 2.311–68
Коррозия металлов. Термины	ГОСТ 5272–68
Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Термины и определения	ГОСТ 9.008–82
ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения	ГОСТ 9.306–85
ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования	ГОСТ 9.301–86
ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору	ГОСТ 9.303–84
ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения	ГОСТ 9.032–74
ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации	ГОСТ 9.104–79
Эмали для приборов. Технические условия	ГОСТ 5971–78
Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения, транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды	ГОСТ 15150–69
ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической обработки и других видов обработки	ГОСТ 2.310–68
Единая система стандартов приборостроения (ЕССП). Шрифты для надписей, наносимых методом гравирования. Исполнительные размеры	ГОСТ 26.008–85
ЕССП. Шрифты для средств измерений и автоматизации. Начертания и основные размеры	ГОСТ 26.020–85

Оглавление

Основные понятия 3
Обозначение предельных отклонений на чертежах 12
Посадки 13
Допуски формы и расположения поверхностей 18
Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей 22
Шероховатость поверхностей 24
Выбор посадок, полей допусков и шероховатостей поверхностей 26
Резьбовые соединения 30
Выбор материалов и покрытий 34
Контроль параметров деталей 39
Примеры использования принципов взаимозаменяемости при выполнении чертежей деталей 40
Приложения 53
1. Нормальные линейные размеры 53
2. Рекомендуемые посадки в системе отверстия при номинальных размерах от 1 до 500 мм 55
3. Рекомендуемые посадки в системе вала при номинальных размерах от 1 до 500 мм 56
4. Перечень основных стандартов, регламентирующих основные нормы взаимозаменяемости деталей 57

Редактор Н. В. Лукина

Подписано в печать 28.12.17. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Печ. л. 3,75.
Гарнитура «Times New Roman». Тираж 167 экз. Заказ .

Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
197376, С.-Петербург, ул. Проф. Попова, 5