

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Техническая механика»

# **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

## **ПРАКТИКУМ**

**по одноименной дисциплине для студентов  
специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2017**

УДК 621.713/715+621:53.08(075.8)  
ББК 34.41+30.10я73  
Н83

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 10 от 13.06.2016 г.)*

Составители: *Ю. Е. Кирпиченко, С. И. Прач*

Рецензент: зав. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн.  
наук, доц. *М. П. Кульгейко*

Н83 Нормирование точности и технические измерения : практикум по одному. дисциплине для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. и заоч. форм обучения / сост.: Ю. Е. Кирпиченко, С. И. Прач. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 52 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-345-5.

Рассматриваются основные этапы решения задач нормирования точности элементов поверхности гладких цилиндрических деталей машин при самостоятельном выполнении практических работ по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения».

Для студентов машиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

**УДК 621.713/715+621:53.08(075.8)**  
**ББК 34.41+30.10я73**

**ISBN 978-985-535-345-5**

© Кирпиченко Ю. Е., Прач С. И.,  
составление, 2017  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2017

## Задача № 1

### РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗАЗОРОВ И НАТЯГОВ В ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

#### План решения задачи:

1. Выбрать из табл. 1.1 номинальный размер и три посадки. Для каждой посадки выписать из ГОСТ 25347–89 предельные отклонения валов и отверстий [1].

2. Для каждой посадки:

- определить предельные размеры и допуски вала и отверстия;
- построить схему расположения полей допусков;
- определить предельные зазоры или натяги и допуски посадки методами полной вероятности – «max–min» и вероятностным.

3. Для одной из посадок сделать эскизы деталей, образующих соединение, указать точность размеров условными обозначениями полей допусков и числовыми значениями предельных отклонений.

4. Дать характеристику всем посадкам, указать область их предпочтительного применения.

Таблица 1.1

Исходные данные для расчета посадок

Номер варианта	Номинальный размер	Посадки	Номер варианта	Номинальный размер	Посадки
1	Ø 10	$\frac{H12}{b12}; \frac{H8}{s7}; \frac{J_s 8}{h7}$	26	Ø 260	$\frac{H7}{e8}; \frac{H7}{u7}; \frac{M6}{h5}$
2	Ø 20	$\frac{H11}{a11}; \frac{H8}{u8}; \frac{K8}{h7}$	27	Ø 270	$\frac{H7}{g6}; \frac{H6}{p5}; \frac{N6}{h5}$
3	Ø 30	$\frac{H11}{b11}; \frac{H8}{x8}; \frac{M8}{h7}$	28	Ø 100	$\frac{H7}{u7}; \frac{Js7}{h6}; \frac{H6}{h5}$
4	Ø 40	$\frac{H11}{c11}; \frac{H8}{z8}; \frac{J_s 7}{h6}$	29	Ø 10,5	$\frac{P6}{h5}; \frac{H11}{h10}; \frac{H5}{k4}$
5	Ø 50	$\frac{H11}{d11}; \frac{H7}{p6}; \frac{N8}{h7}$	30	Ø 95	$\frac{U8}{h7}; \frac{H6}{k5}; \frac{H7}{h6}$
6	Ø 60	$\frac{H11}{h11}; \frac{H7}{r6}; \frac{K7}{h6}$	31	Ø 25	$\frac{T7}{h6}; \frac{H10}{d10}; \frac{H7}{p6}$
7	Ø 70	$\frac{H10}{d10}; \frac{H7}{s6}; \frac{N7}{h6}$	32	Ø 85	$\frac{H7}{k7}; \frac{R7}{h6}; \frac{H7}{g6}$

Окончание табл. 1.1

Номер варианта	Номинальный размер	Посадки	Номер варианта	Номинальный размер	Посадки
8	Ø 80	$\frac{H10}{h9}; \frac{H7}{s7}; \frac{J_s 6}{h5}$	33	Ø 11,5	$\frac{K7}{h6}; \frac{H7}{f6}; \frac{H7}{s6}$
9	Ø 90	$\frac{H10}{h10}; \frac{H7}{t6}; \frac{K6}{h5}$	34	Ø 80	$\frac{F7}{h6}; \frac{H8}{n7}; \frac{H7}{s6}$
10	Ø 100	$\frac{H9}{d9}; \frac{H7}{u7}; \frac{M6}{h5}$	35	Ø 12	$\frac{G6}{h5}; \frac{H8}{m7}; \frac{H7}{s7}$
11	Ø 110	$\frac{H9}{e9}; \frac{H6}{p5}; \frac{N6}{h5}$	36	Ø 75	$\frac{F8}{h9}; \frac{H6}{s5}; \frac{H5}{m4}$
12	Ø 120	$\frac{H9}{f8}; \frac{U8}{h7}; \frac{H8}{j_s 7}$	37	Ø 13	$\frac{H7}{e7}; \frac{S7}{h6}; \frac{H5}{n4}$
13	Ø 130	$\frac{H9}{f9}; \frac{P7}{h6}; \frac{H8}{k7}$	38	Ø 70	$\frac{H8}{u8}; \frac{M7}{h6}; \frac{H8}{h7}$
14	Ø 140	$\frac{H9}{h8}; \frac{R7}{h6}; \frac{H8}{m7}$	39	Ø 14	$\frac{J_s 6}{h5}; \frac{H7}{p6}; \frac{H8}{h8}$
15	Ø 150	$\frac{H9}{h9}; \frac{S7}{h6}; \frac{H8}{n7}$	40	Ø 65	$\frac{K6}{h5}; \frac{H7}{r6}; \frac{H9}{h8}$
16	Ø 160	$\frac{H8}{d9}; \frac{T7}{h6}; \frac{H7}{j_s 6}$	41	Ø 63	$\frac{M6}{h5}; \frac{H7}{e7}; \frac{H7}{u7}$
17	Ø 170	$\frac{H8}{e9}; \frac{P6}{h5}; \frac{H7}{k6}$	42	Ø 40	$\frac{H7}{c8}; \frac{T7}{h6}; \frac{H6}{k5}$
18	Ø 180	$\frac{H8}{f9}; \frac{H6}{s5}; \frac{H7}{m5}$	43	Ø 60	$\frac{H8}{x8}; \frac{N7}{h6}; \frac{H9}{h9}$
19	Ø 190	$\frac{H8}{c8}; \frac{H8}{x8}; \frac{M8}{h7}$	44	Ø 16	$\frac{F8}{h7}; \frac{H7}{s6}; \frac{H6}{m5}$
20	Ø 200	$\frac{H8}{d8}; \frac{H8}{z8}; \frac{J_s 7}{h6}$	45	Ø 18	$\frac{D8}{h7}; \frac{H7}{p6}; \frac{N6}{n5}$
21	Ø 210	$\frac{H8}{e8}; \frac{H7}{p6}; \frac{N8}{h7}$	46	Ø 50	$\frac{H7}{r6}; \frac{H8}{k7}; \frac{H5}{h4}$
22	Ø 220	$\frac{H8}{f7}; \frac{H7}{r6}; \frac{K7}{h6}$	47	Ø 20	$\frac{R7}{h6}; \frac{H6}{g5}; \frac{H8}{m7}$
23	Ø 230	$\frac{H8}{f8}; \frac{H7}{s6}; \frac{N7}{h6}$	48	Ø 48	$\frac{S7}{h6}; \frac{H9}{f9}; \frac{H7}{n6}$
24	Ø 240	$\frac{H7}{f7}; \frac{H7}{s7}; \frac{J_s 6}{h5}$	49	Ø 21	$\frac{S6}{h6}; \frac{H6}{n5}; \frac{H8}{n7}$
25	Ø 250	$\frac{H7}{c8}; \frac{H7}{t6}; \frac{K6}{h5}$	50	Ø 45	$\frac{R7}{h6}; \frac{H9}{f8}; \frac{J_s 7}{h6}$

**Пример решения задачи:**

1.1.  $\varnothing 52 \frac{H7}{c8}$ .

Выписываем предельные отклонения валов и отверстий из ГОСТ 25347–89:

$$ES = +30 \text{ мкм} = +0,030 \text{ мм};$$

$$EI = 0 \text{ мкм};$$

$$es = -140 \text{ мкм} = -0,140 \text{ мм};$$

$$ei = -186 \text{ мкм} = -0,186 \text{ мм}.$$

1.2. Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 52 + 0,030 = 52,030 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 52 + 0 = 52 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_H + es = 52 - 0,140 = 51,860 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 52 - 0,186 = 51,814 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,030 - 0 = 0,030 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = -0,140 - (-0,186) = 0,046 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

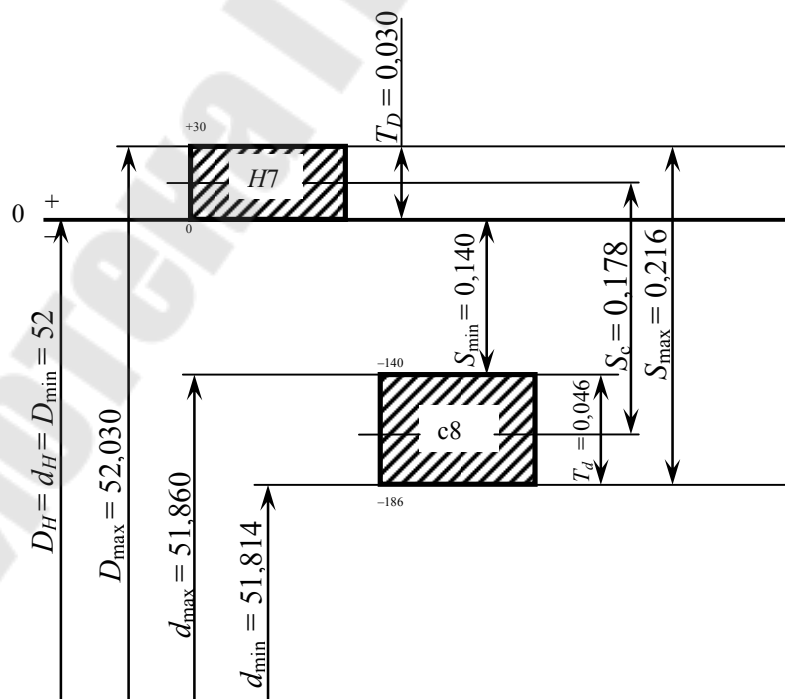


Рис. 1.1

Определяем предельные зазоры и допуски посадки:

Методом «max–min»:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 52,030 - 51,814 = 0,216 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 52 - 51,860 = 0,140 \text{ мм}.$$

Допуск зазора:

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,216 - 0,140 = 0,030 + 0,046 = 0,076 \text{ мм}.$$

Вероятностным методом:

$$S_{\max}^B = S_c + \frac{1}{2} \sqrt{T_D^2 + T_d^2}, \text{ мм};$$

$$S_{\min}^B = S_c - \frac{1}{2} \sqrt{T_D^2 + T_d^2}, \text{ мм},$$

где  $S_c$  – средний зазор, мм;

$\sqrt{T_D^2 + T_d^2}$  – вероятностный допуск посадки;

$$S_c = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{0,216 + 0,140}{2} = 0,178 \text{ мм};$$

$$S_{\max}^B = 0,178 + \frac{1}{2} \sqrt{0,030^2 + 0,046^2} = 0,206 \text{ мм};$$

$$S_{\min}^B = 0,178 - \frac{1}{2} \sqrt{0,030^2 + 0,046^2} = 0,151 \text{ мм}.$$

1.3. Эскизы деталей, образующих соединение:

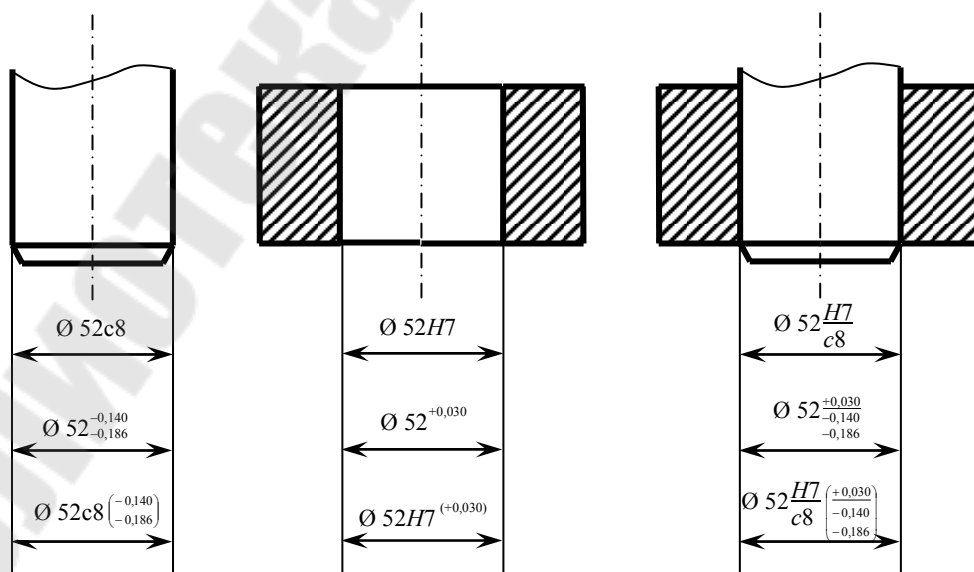


Рис. 1.2

1.4. Характеристика посадки  $\frac{H7}{c8}$ , область ее предпочтительного применения [1, с. 309]

Посадка с большим зазором. Применяется в подвижных соединениях, работающих при особо тяжелых нагрузках или при высоких температурах, когда рабочий зазор может значительно уменьшиться из-за неравномерных температурных деформаций деталей. Примеры: поршни в цилиндрах и выпускные клапаны в направляющих втулках двигателей внутреннего сгорания и других сильно разогревающихся машин, подшипники жидкостного трения быстроходных тяжело нагруженных валов в прокатных станах, крупных турбинах, насосах, компрессорах и т. п.

$$2.1. \text{Ø } 52 \frac{R7}{h6}.$$

Выписываем предельные отклонения валов и отверстий из ГОСТ 25347–89:

$$ES = -30 \text{ мкм} = -0,030 \text{ мм};$$

$$EI = -60 \text{ мкм} = -0,060 \text{ мм};$$

$$es = 0 \text{ мкм};$$

$$ei = -19 \text{ мкм} = -0,019 \text{ мм}.$$

2.2. Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 52 - 0,030 = 51,970 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 52 - 0,060 = 51,940 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_H + es = 52 + 0 = 52 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 52 - 0,019 = 51,981 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = -0,030 - (-0,060) = 0,030 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0 - (-0,019) = 0,019 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

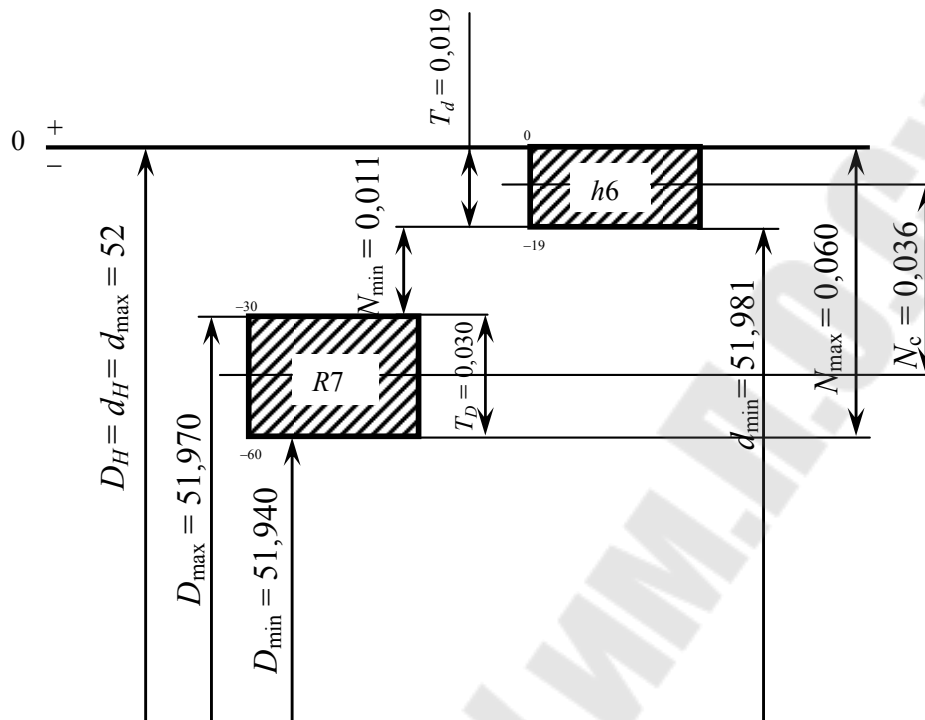


Рис. 1.3

Определяем предельные натяги и допуски посадки:

Методом «max–min»:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 52 - 51,940 = 0,060 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 51,981 - 51,970 = 0,011 \text{ мм}.$$

Допуск натяга:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,060 - 0,011 = 0,030 + 0,019 = 0,049 \text{ мм}.$$

Вероятностным методом:

$$N_{\max}^B = N_c + \frac{1}{2} \sqrt{T_D^2 + T_d^2}, \text{ мм};$$

$$N_{\min}^B = N_c - \frac{1}{2} \sqrt{T_D^2 + T_d^2}, \text{ мм},$$

где  $N_c$  – средний натяг, мм;

$\sqrt{T_D^2 + T_d^2}$  – вероятностный допуск посадки;

$$N_c = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{0,060 + 0,011}{2} = 0,0355 \text{ мм};$$



$$N_{\max}^B = 0,0355 + \frac{1}{2} \sqrt{0,030^2 + 0,019^2} = 0,053 \text{ мм};$$

$$N_{\min}^B = 0,0355 - \frac{1}{2} \sqrt{0,030^2 + 0,019^2} = 0,018 \text{ мм}.$$

2.3. Характеристика посадки  $\frac{R7}{h6}$ , область ее предпочтительного применения [1, с. 342]

Посадка средней точности. Примеры: втулки подшипников скольжения в гнездах при тяжелых и ударных нагрузках – в крышке корпуса пневматической машинки для сверления, в зубчатых колесах на валах коробок скоростей токарных станков, в головке шатуна компрессора; постоянные кондукторные втулки, фиксаторы и упоры в приспособлениях; вентилятор на валу кранового электродвигателя; гильза цилиндра поршневого насоса, цилиндрическая гильза в корпусе золотникового устройства; зубчатые колеса на промежуточном валу в коробках передач грузовых автомобилей с дополнительным креплением винтами.

$$3.1. \text{Ø } 52 \frac{H7}{k6}.$$

Выписываем предельные отклонения валов и отверстий из стандарта ГОСТ 25347–89:

$$ES = +30 \text{ мкм} = +0,030 \text{ мм};$$

$$EI = 0 \text{ мкм};$$

$$es = +21 \text{ мкм} = +0,021 \text{ мм};$$

$$ei = +2 \text{ мкм} = +0,002 \text{ мм}.$$

3.2. Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 52 + 0,030 = 52,030 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 52 + 0 = 52 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_H + es = 52 + 0,021 = 52,021 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 52 + 0,002 = 52,002 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,030 - 0 = 0,030 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0,021 - 0,002 = 0,019 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

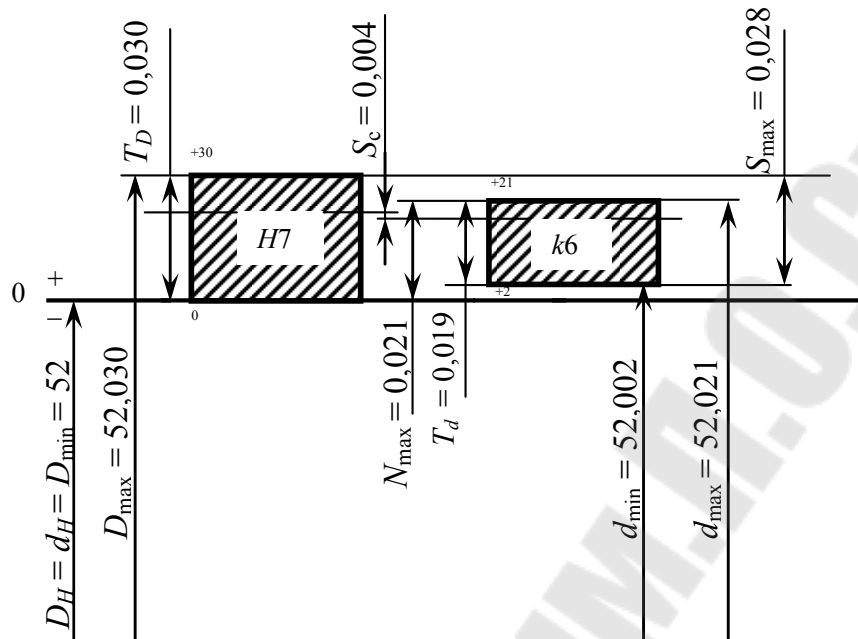


Рис. 1.4

Определяем предельные зазоры и натяги и допуски посадки:

Методом «max–min»:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 52,030 - 52,002 = 0,028 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 52,021 - 52 = 0,021 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,021 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,028 \text{ мм}.$$

Допуск натяга и зазора:

$$\begin{aligned} T_N &= N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,021 - (-0,028) = \\ &= 0,030 + 0,019 = 0,049 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_S &= S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,028 - (-0,021) = \\ &= 0,030 + 0,019 = 0,049 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Вероятностным методом:

$$S_{\max}^B = -N_c + \frac{1}{2} \sqrt{T_D^2 + T_d^2}, \text{ мм};$$

$$N_{\max}^B = -S_c + \frac{1}{2}\sqrt{T_D^2 + T_d^2}, \text{ мм},$$

где  $S_c$  – средний зазор, мм;  $N_c$  – средний натяг, мм;  $\sqrt{T_D^2 + T_d^2}$  – вероятностный допуск посадки;

$$S_c = \frac{S_{\max} - N_{\max}}{2} = \frac{0,028 - 0,021}{2} = 0,0035 \text{ мм};$$

$$N_c = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{0,021 - 0,028}{2} = -0,0035 \text{ мм}.$$

Средний натяг  $N_c$  получился со знаком «–», следовательно, такового для данной посадки не существует.

$$S_{\max}^B = -(-0,0035) + \frac{1}{2}\sqrt{0,030^2 + 0,019^2} = 0,021 \text{ мм};$$

$$N_{\max}^B = -0,0035 + \frac{1}{2}\sqrt{0,030^2 + 0,019^2} = 0,014 \text{ мм}.$$

3.3. Характеристика посадки  $\frac{H7}{k6}$ , область ее предпочтительного применения [1, с. 322]

Посадка предпочтительная. Зубчатые колеса на валах редукторов станков и других машин, шкивы, маховики, рычаги и неразъемные эксцентрики на валах, съемные муфты на валах средних электромашин, втулки в головках шатуна тракторного двигателя, подшипниковые щитки в корпусах крановых электродвигателей, гранд-буксы и подшипниковые втулки в корпусах; втулки, закрепляемые в ступицах вращающихся на валах зубчатых колес, и др.

## Задача № 2

### РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

#### План решения задачи:

1. Построить схемы расположения полей допусков на рабочие калибры для контроля деталей, образующих одну из посадок из первой задачи.
2. Рассчитать исполнительные размеры калибра-скобы и калибра-пробки.
3. Вычертить эскизы калибра-скобы, калибра-пробки.

#### Пример решения задачи:

Для посадки  $\varnothing 52 \frac{H7}{c8}$ :

$\varnothing 52H7$  – отверстие контролируется калибром-пробкой;

$\varnothing 52c8$  – вал контролируется калибром-скобой.

1.  $\varnothing 52H7$  – калибр-пробка

Выписываем предельные отклонения отверстия  
из ГОСТ 25347–89 [1]:

$$ES = +30 \text{ мкм} = +0,030 \text{ мм};$$

$$EI = 0 \text{ мкм}.$$

Определяем предельные размеры и допуск отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 52 + 0,030 = 52,030 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 52 + 0 = 52 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,030 - 0 = 0,030 \text{ мм}.$$

В зависимости от номинального размера и качества посадки выписываем допуски и отклонения калибра по ГОСТ 24853–81 (табл. П.1.1):

$$H = 5 \text{ мкм} = 0,005 \text{ мм};$$

$$Y = 3 \text{ мкм} = 0,003 \text{ мм};$$

$$Z = 4 \text{ мкм} = 0,004 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков рабочего калибра для контроля размера  $\varnothing 52H7$ :

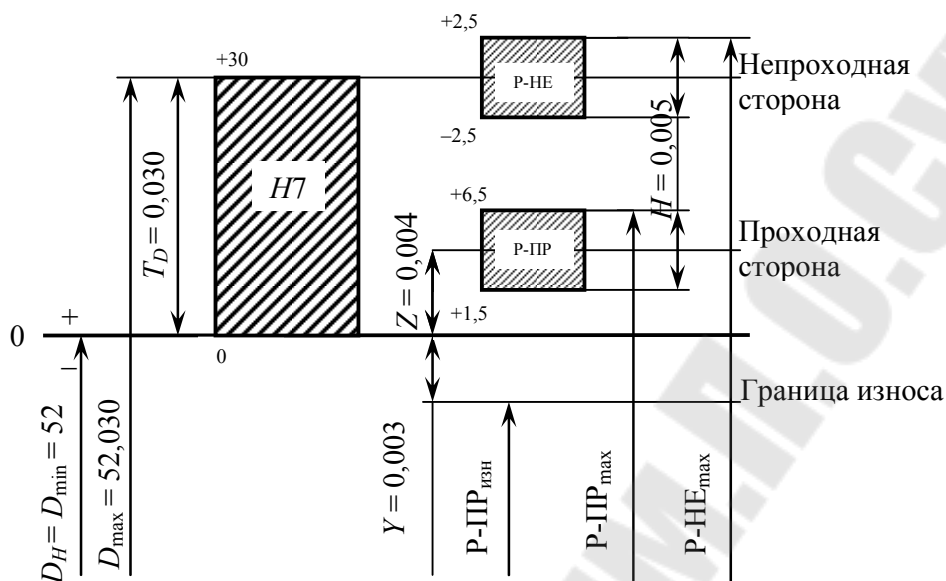


Рис. 2.1

Определяем исполнительные размеры рабочего калибра-пробки:  
– рабочая проходная сторона, новая:

$$P-PP_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2} = 52 + 0,004 + \frac{0,005}{2} = 52,007 \text{ мм};$$

– рабочая проходная сторона, изношенная:

$$P-PP_{\text{изн}} = D_{\min} - Y = 52 - 0,003 = 51,997 \text{ мм};$$

– рабочая непроходная сторона, новая:

$$P-HE_{\text{нов}} = D_{\max} + \frac{H}{2} = 52,030 + \frac{0,005}{2} = 52,033 \text{ мм}.$$

Эскиз калибра-пробки:

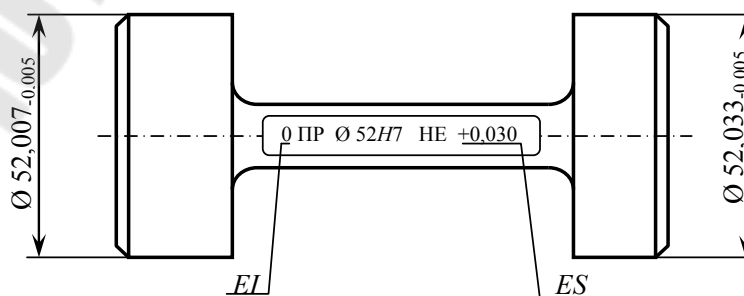


Рис. 2.2

2. Ø 52с8 – калибр-скоба

Выписываем предельные отклонения вала из ГОСТ 25347–89 [1]:

$$es = -140 \text{ мкм} = -0,140 \text{ мм};$$

$$ei = -186 \text{ мкм} = -0,186 \text{ мм}.$$

Определяем предельные размеры и допуск вала:

$$d_{\max} = d_H + es = 52 - 0,140 = 51,860 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 52 - 0,186 = 51,814 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = -0,140 - (-0,186) = 0,046 \text{ мм}.$$

В зависимости от номинального размера и качества посадки выписываем допуски и отклонения калибра по ГОСТ 24853–81(табл. П.1.1):

$$H_1 = 8 \text{ мкм} = 0,008 \text{ мм};$$

$$H_P = 3 \text{ мкм} = 0,003 \text{ мм};$$

$$Y_1 = 5 \text{ мкм} = 0,005 \text{ мм};$$

$$Z_1 = 7 \text{ мкм} = 0,007 \text{ мм}.$$

Определяем размеры рабочего и контрольного калибров:

– рабочая проходная сторона, новая:

$$P\text{-}PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 51,860 - 0,007 - \frac{0,008}{2} = 51,849 \text{ мм};$$

– рабочая проходная сторона, изношенная:

$$P\text{-}PP_{\text{изн}} = d_{\max} + Y_1 = 51,860 + 0,005 = 51,865 \text{ мм};$$

– рабочая непроходная сторона, изношенная:

$$P\text{-}HE_{\text{изн}} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} = 51,814 - \frac{0,008}{2} = 51,810 \text{ мм};$$

– наибольшие и исполнительные размеры контрольных калибров:

$$K\text{-}PP = d_{\max} - Z_1 + \frac{H_P}{2} = 51,860 - 0,007 + \frac{0,003}{2} = 51,855 \text{ мм};$$

$$K\text{-}HE = d_{\min} + \frac{H_P}{2} = 51,814 + \frac{0,003}{2} = 51,816 \text{ мм};$$

$$K\text{-}И = d_{\max} + Y_1 + \frac{H_P}{2} = 51,860 + 0,005 + \frac{0,003}{2} = 51,867 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков рабочего калибра для контроля размера  $\varnothing 52c8$ :

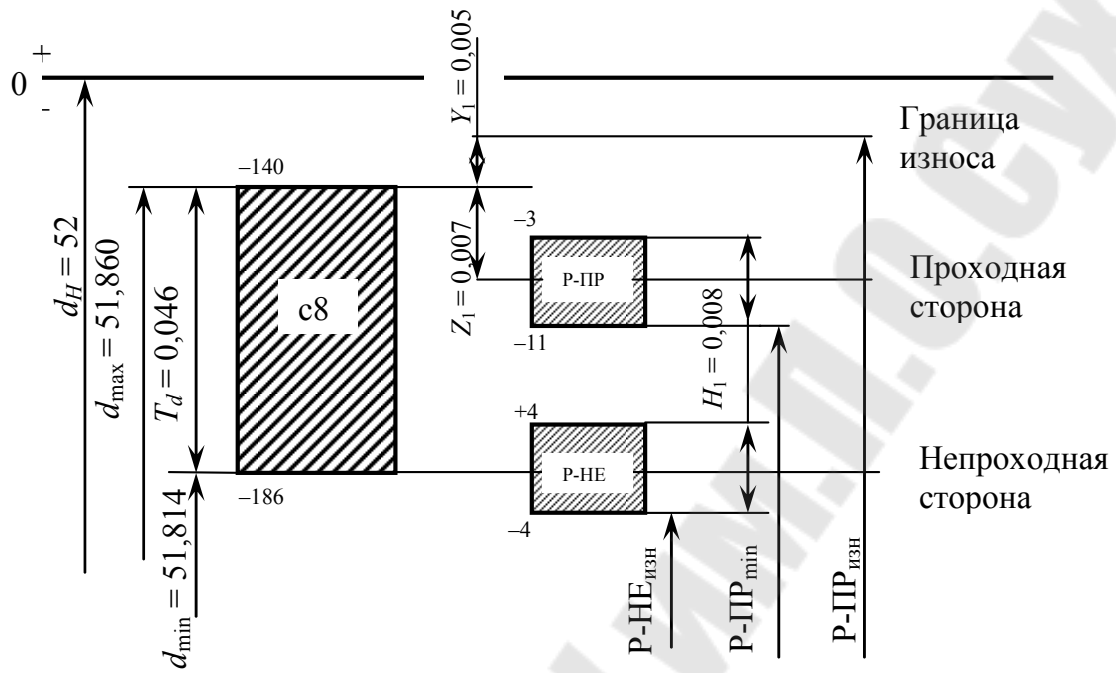


Рис. 2.3

Эскиз калибра-скобы:

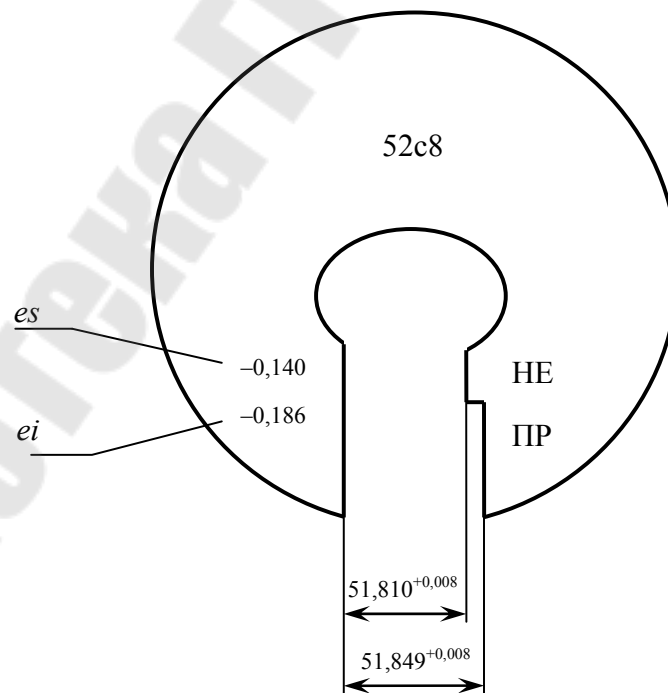


Рис. 2.4

**Задача № 3**  
**ВЫБОР И РАСЧЕТ ПОСАДОК ДЛЯ КОЛЕЦ**  
**ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ**

**План решения задачи:**

1. Выписать из табл. 3.1 исходные данные, из справочника – посадочные размеры заданного подшипника.
2. Определить виды нагружения колец подшипника качения.
3. Выбрать посадку циркуляционно нагруженного кольца, а также согласно рекомендациям выбрать посадку кольца, испытывающего местное нагружение.
4. Рассчитать посадки для подшипника качения с валом и отверстием корпуса, построить схемы расположения полей допусков для выбранных посадок и рассчитать их характеристики.
5. Сделать эскиз подшипникового узла с условными обозначениями посадок.

*Таблица 3.1*

**Исходные данные для выбора и расчета посадок колец**  
**подшипников качения**

Номер варианта	Номер подшипника	Радиальная нагрузка на подшипник, кН	Режим работы подшипника	Номер варианта	Номер подшипника	Радиальная нагрузка на подшипник, кН	Режим работы подшипника
1	6-306	14	Н	26	206	10	Н
2	5-204	6,2	Н	27	5-206	11	Т
3	207	7,5	Т	28	6-206	11,5	Н
4	6-208	9,2	Н	29	207	14,5	Н
5	5-207	8,5	Т	30	6-207	16	Т
6	5-209	9,5	Т	31	5-212	31,5	Т
7	215	14	Н	32	213	34,5	Н
8	6-214	18,5	Т	33	6-213	30	Н
9	5-7206	22	Н	34	5-215	42,5	Н
10	7208	12,5	Н	35	6-7314	45	Т
11	209	8,8	Т	36	5-12311	51,5	Т
12	6-306	13,5	Н	37	12312	65	Н
13	5-213	14,3	Т	38	6-12204	5	Н



Номер варианта	Номер подшипника	Радиальная нагрузка на подшипник, кН	Режим работы подшипника	Номер варианта	Номер подшипника	Радиальная нагрузка на подшипник, кН	Режим работы подшипника
14	208	11,5	Н	39	12207	5,5	Т
15	6-215	10,8	Т	40	5-12207	6	Н
16	5-306	15	Н	41	6-304	10,5	Н
17	7212	26,5	Т	42	5-304	12	Т
18	6-312	15,2	Н	43	305	12,5	Т
19	5-7212	24,5	Т	44	6-305	13,5	Н
20	7214	20,5	Н	45	5-305	14	Н
21	7310	14,5	Н	46	307	18,5	Т
22	6-7311	19,5	Т	47	5-307	19,5	Н
23	5-210	13,8	Н	48	6-311	45	Т
24	7312	42,8	Т	49	5-311	48,5	Н
25	6-309	14,2	Н	50	313	50,5	Т

*Примечание.* Н – нормальный режим, Т – тяжелый режим.

### Пример решения задачи:

#### 1. Подшипник № 5-209

Вращающийся корпус, вал неподвижен, радиальная нагрузка на подшипник  $R = 9$  кН. Режим работы подшипника нормальный (умеренные толчки и вибрация, перегрузка 150 %).

Основные размеры подшипника:

Подшипник № 5-209

Наружный диаметр  $D = 85$  мм;

Внутренний диаметр  $d = 45$  мм;

Ширина кольца  $B = 19$  мм;

Радиус закругления фаски  $r = 2$  мм.

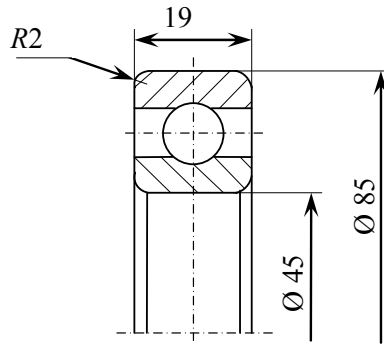


Рис. 3.1

2. Определяем вид нагружения колец заданного подшипника, так как вращается корпус, а вал неподвижен, то наружное кольцо подшипника будет испытывать циркуляционное нагружение, а внутреннее – местное.

3. Выбираем посадки для подшипника качения с валом и отверстием корпуса.

### 3.1. Посадка наружного кольца с корпусом

При циркуляционном нагружении наружного кольца рассчитываем интенсивность нагрузки  $P_r$  по формуле

$$P_r = \frac{R}{B - 2r} K_{\Pi} F F_A,$$

где  $R$  – радиальная нагрузка на подшипник;  $B$  – ширина кольца;  $r$  – величина радиуса закругления фаски;  $K_{\Pi}$  – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки (при умеренных толчках и вибрации, перегрузке до 150 %  $K_{\Pi} = 1$ ; при сильных ударах и вибрации, перегрузке до 300 %  $K_{\Pi} = 1,8$ );  $F$  – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вала или тонкостенном корпусе для вала  $F$  изменяется от 1 до 3, для корпуса – от 1 до 1,8; при сплошном вале и массивном толстостенном корпусе  $F = 1$ ;  $F_A$  – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки  $R$  между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки  $A$  на опору (коэффициент  $F_A$  изменяется в пределах от 1 до 2, а при отсутствии осевой нагрузки  $F_A = 1$ );

На основании исходных данных значения коэффициентов принимаем равными единице и получим:

$$P_r = \frac{9000}{19 - 2 \cdot 2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 600 \text{ Н/мм.}$$

Для сопряжения корпуса  $\varnothing 85$  с наружным кольцом, испытывающим циркуляционное нагружение, с 5 классом точности подшипника и интенсивностью нагрузки  $P_r = 600$  Н/м, выбираем поле допуска отверстия корпуса  $K6$  (табл. П.1.2–П.1.3).

$$\text{Посадка } \varnothing 85 \frac{K6}{15}.$$

### 3.2. Посадка внутреннего кольца с валом

При местном нагружении внутреннего кольца подшипника 5 класса точности, при неразъемном корпусе, учитывая, что нагрузка умеренная и перегрузка до 150 %, для диаметра вала  $d = 45$  мм выбираем поле допуска  $h5$  (табл. П.1.4).

$$\varnothing 45h6$$

$$\text{Посадка } \varnothing 45 \frac{L5}{h5}.$$

4. Рассчитываем посадки для подшипника качения с валом и отверстием корпуса.

#### 4.1. Посадка внутреннего кольца с валом $\varnothing 45 \frac{L5}{h5}$ .

Выписываем предельные отклонения из ГОСТ 25347–89:

$$ES = 0 \text{ мкм};$$

$$EI = -8 \text{ мкм} = -0,008 \text{ мм};$$

$$es = 0 \text{ мкм};$$

$$ei = -11 \text{ мкм} = -0,011 \text{ мм}.$$

Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 45 + 0 = 45 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 45 - 0,008 = 44,992 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_H + es = 45 + 0 = 45 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 45 - 0,011 = 44,989 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0 - (-0,008) = 0,008 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0 - (-0,011) = 0,011 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

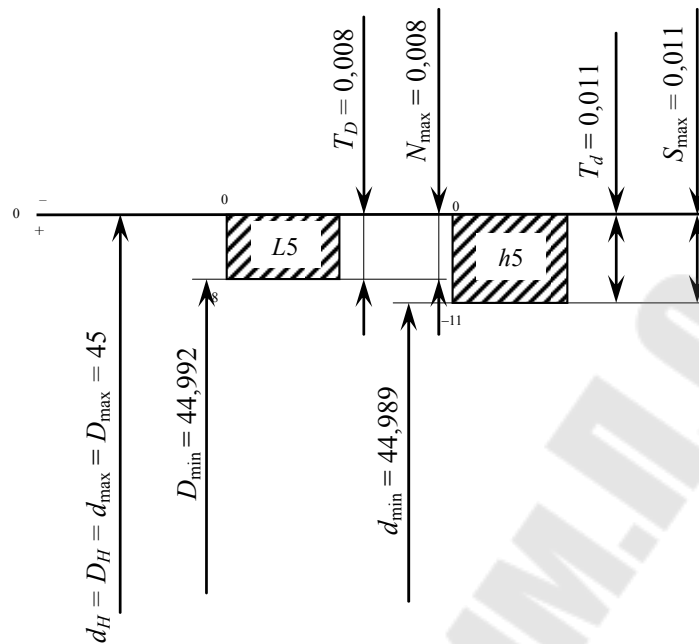


Рис. 3.2

Определяем предельные зазоры и натяги и допуски посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 45 - 44,989 = 0,011 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 45 - 44,992 = 0,008 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,008 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,011 \text{ мм}.$$

Допуск натяга и зазора:

$$\begin{aligned} T_N &= N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,008 - (-0,011) = \\ &= 0,008 + 0,011 = 0,019 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_S &= S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,011 - (-0,008) = \\ &= 0,008 + 0,011 = 0,019 \text{ мм}. \end{aligned}$$

4.2. Посадка наружного кольца с корпусом  $\varnothing 85 \frac{K6}{15}$ .

Выписываем предельные отклонения из ГОСТ 25347-89:

$$ES = 4 \text{ мкм} = 0,004 \text{ мм};$$

$$EI = -18 \text{ мкм} = -0,018 \text{ мм};$$

$$es = 0 \text{ мкм};$$

$$ei = -9 \text{ мкм} = -0,009 \text{ мм}.$$

Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 85 + 0,004 = 85,004 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 85 - 0,018 = 84,982 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_H + es = 85 + 0 = 85 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 85 - 0,009 = 84,991 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,004 - (-0,018) = 0,022 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0 - (-0,009) = 0,009 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

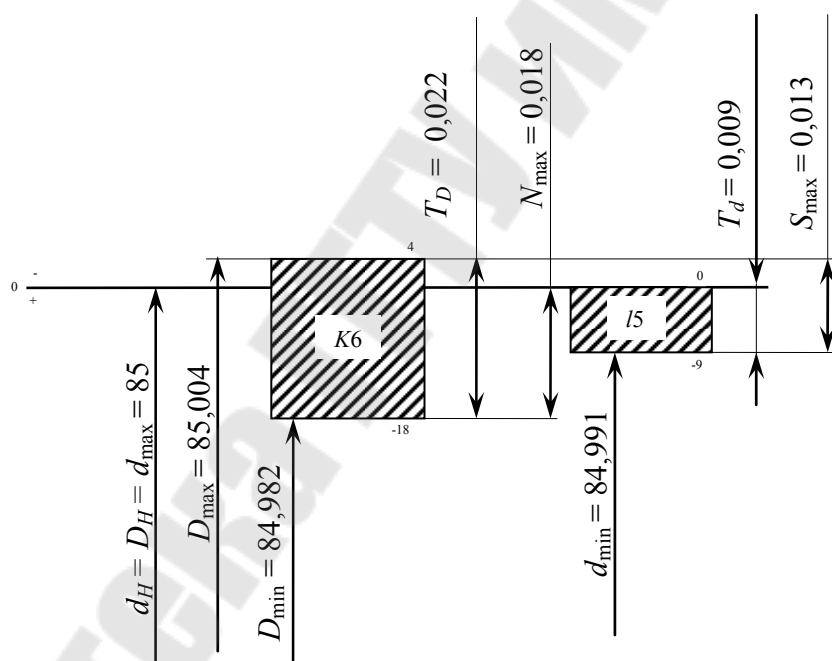


Рис. 3.3

Определяем предельные зазоры и натяги и допуски посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 85,004 - 84,991 = 0,013 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 85 - 84,982 = 0,018 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,018 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,013 \text{ мм}.$$

Допуск натяга и зазора:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,018 - (-0,013) = \\ = 0,022 + 0,009 = 0,031 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,013 - (-0,018) = \\ = 0,022 + 0,009 = 0,031 \text{ мм}.$$

5. Эскиз подшипникового узла:

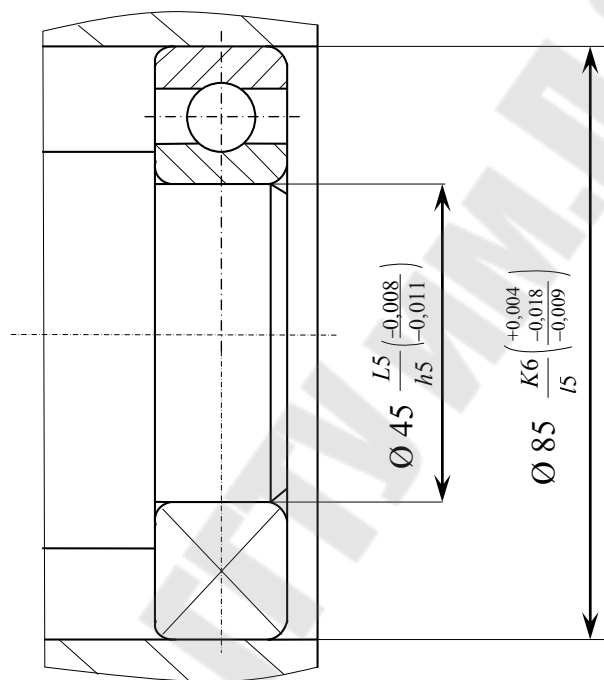


Рис. 3.4

**Задача № 4**  
**РАСЧЕТ ПРОЦЕНТОВ ЗАЗОРА И НАТЯГА**  
**В ПЕРЕХОДНЫХ ПОСАДКАХ**

**План решения задачи:**

1. Для переходной посадки из задачи № 1 выписать из ГОСТ 25347–89 предельные отклонения валов и отверстий [1].
2. Определить предельные размеры и допуски вала и отверстия; построить схему расположения полей допусков; определить предельные и средние зазоры или натяги посадки.
3. Построить кривую распределения зазора и натяга переходной посадки.
4. Определить вероятность зазора и натяга.

**Пример решения задачи:**

$$\text{Ø } 52 \frac{H7}{k6}.$$

1. Выписываем предельные отклонения валов и отверстий из ГОСТ 25347–89:

$$ES = +30 \text{ мкм} = +0,030 \text{ мм};$$

$$EI = 0 \text{ мкм};$$

$$es = +21 \text{ мкм} = +0,021 \text{ мм};$$

$$ei = +2 \text{ мкм} = +0,002 \text{ мм}.$$

2. Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 52 + 0,030 = 52,030 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 52 + 0 = 52 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_H + es = 52 + 0,021 = 52,021 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 52 + 0,002 = 512,002 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,030 - 0 = 0,030 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0,021 - 0,002 = 0,019 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

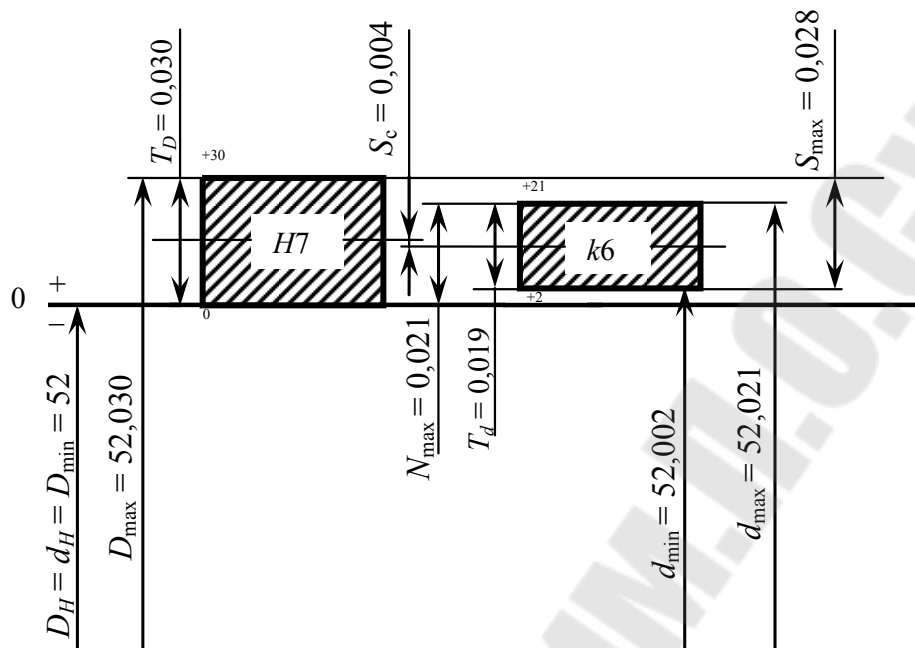


Рис. 4.1

Определяем предельные зазоры и натяги посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 52,030 - 52,002 = 0,028 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 52,021 - 52 = 0,021 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,021 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,028 \text{ мм}.$$

Определяем средний зазор и натяг:

$$S_c = \frac{S_{\max} - N_{\max}}{2} = \frac{0,028 - 0,021}{2} = 0,0035 \text{ мм};$$

$$N_c = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{0,021 - 0,028}{2} = -0,0035 \text{ мм}.$$

3. Строим кривую распределения зазоров-натягов.

Определяя вероятность получения натяга в посадке, принимаем, что распределение погрешностей подчиняется нормальному закону и допуск деталей равен величине зоне рассеивания, т. е.

$$T = 3\sigma_T,$$

где  $\sigma_T$  – среднее квадратичное отклонение,



$$\sigma_T = \sqrt{\left(\frac{T_D}{6}\right)^2 + \left(\frac{T_d}{6}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,030}{6}\right)^2 + \left(\frac{0,019}{6}\right)^2} = 0,00592 \text{ мм};$$

$$T = 3 \cdot 0,00592 = 0,0178 \text{ мм}.$$

Кривая распределения зазоров-натягов:

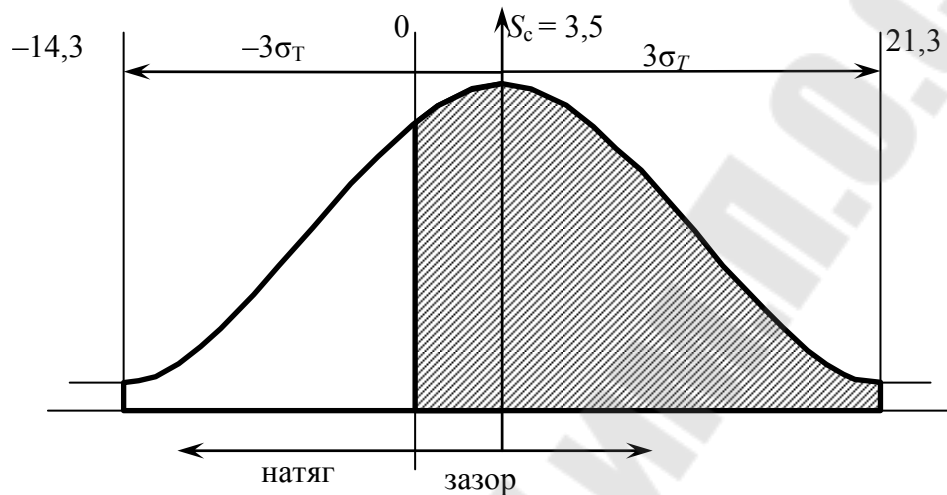


Рис. 4.2

4. Определяем вероятность зазора и натяга.

Вероятность зазора в пределах от 0 до 21,3 мкм можно определить как сумму от 0 до 3,5 мкм и от 3,5 до 21,3 мкм с помощью функции Лапласа  $\Phi(z)$ , где  $z = \frac{x}{\sigma_T}$ , значение которой находим из табл. П.1.5.

$$P_{\text{зазор}} = \Phi\left(\frac{17,8}{5,92}\right) + \Phi\left(\frac{3,5}{5,92}\right) = 0,49865 + 0,2224 = 0,721 \approx 72,1 \%;$$

$$P_{\text{натяг}} = 100 - 72,1 = 27,9 \%.$$

### Задача № 5

## РАСЧЕТ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК НА ПРЯМОБОЧНЫЕ ШЛИЦЕВЫЕ И ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

#### План решения задачи:

Для заданного шлицевого соединения (табл. 5.1):

1. По заданному обозначению дать расшифровку заданного шлицевого соединения.

2. По таблицам стандартов найти предельные отклонения для центрирующих и нецентрирующих элементов шлицевого соединения [1].

3. Определить предельные размеры всех элементов соединений, их допуски; построить схему расположения полей допусков по центрирующему и нецентрирующим элементам; определить предельные зазоры или натяги.

4. Вычертить эскиз шлицевого соединения и его деталей.

Для заданного шпоночного соединения (табл. 5.2):

1. Выбрать основные конструктивные размеры элементов шпоночного соединения с призматической или сегментной шпонкой.

2. В соответствии с видом шпоночного соединения выбрать поля допусков для шпонки, паза вала и паза втулки.

3. Найти числовые значения предельных отклонений ширины шпонки и пазов, допуски и предельные отклонения несопрягаемых размеров [1].

4. Определить предельные размеры шпонки с пазами по ширине пазов и шпонки, их допуски; построить схему расположения полей допусков шпонки и пазов; определить предельные зазоры или натяги.

5. Вычертить эскиз шпоночного соединения и его деталей.

Таблица 5.1

#### Исходные данные для расчета допусков и посадок на прямобочные шлицевые соединения

Номер варианта	Условное обозначение шлицевых соединений	Номер варианта	Условное обозначение шлицевых соединений
1	$d - 6 \times 26 \frac{H7}{g6} \times 32 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{F8}{k7}$	26	$D - 8 \times 52 \times 60 \frac{H7}{n6} \times 10 \frac{F8}{h9}$
2	$D - 6 \times 11 \times 14 \frac{H7}{h7} \times 3 \frac{F8}{js7}$	27	$b - 16 \times 72 \times 82 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{d9}$

Продолжение табл. 5.1

Номер варианта	Условное обозначение шлицевых соединений	Номер варианта	Условное обозначение шлицевых соединений
3	$b - 6 \times 13 \times 16 \frac{H12}{a11} \times 3,5 \frac{F8}{js7}$	28	$d - 8 \times 56 \frac{H7}{js7} \times 65 \frac{H12}{a11} \times 10 \frac{D9}{h9}$
4	$d - 10 \times 16 \frac{H7}{f7} \times 20 \frac{H12}{a11} \times 2,5 \frac{F8}{f7}$	29	$D - 20 \times 82 \times 92 \frac{H7}{f7} \times 6 \frac{F8}{e8}$
5	$D - 10 \times 18 \times 23 \frac{H7}{h7} \times 3 \frac{F8}{js7}$	30	$b - 8 \times 62 \times 72 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{e8}$
6	$b - 8 \times 32 \times 36 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{F8}{e8}$	31	$d - 10 \times 72 \frac{H7}{n6} \times 82 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{h9}$
7	$d - 6 \times 18 \frac{H7}{js6} \times 22 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{F8}{h7}$	32	$D - 20 \times 92 \times 102 \frac{H7}{js7} \times 7 \frac{F8}{f8}$
8	$D - 10 \times 23 \times 29 \frac{H7}{js6} \times 4 \frac{F8}{f8}$	33	$b - 10 \times 82 \times 92 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{k7}$
9	$b - 8 \times 42 \times 46 \frac{H12}{a11} \times 8 \frac{F8}{h9}$	34	$d - 10 \times 72 \frac{H7}{g6} \times 78 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{h9}$
10	$d - 6 \times 21 \frac{H7}{js6} \times 25 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{F8}{k7}$	35	$D - 10 \times 26 \times 32 \frac{H8}{h7} \times 4 \frac{D9}{h8}$
11	$D - 10 \times 28 \times 35 \frac{H7}{g6} \times 4 \frac{F8}{js7}$	36	$b - 10 \times 72 \times 82 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{d9}$
12	$b - 8 \times 46 \times 50 \frac{H12}{a11} \times 9 \frac{D9}{e8}$	37	$d - 16 \times 52 \frac{H8}{e8} \times 60 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{H8}{h7}$
13	$d - 6 \times 26 \frac{H7}{n6} \times 32 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{H8}{h8}$	38	$D - 16 \times 52 \times 60 \frac{H7}{f7} \times 5 \frac{F8}{e8}$
14	$D - 10 \times 36 \times 45 \frac{H7}{n6} \times 5 \frac{F8}{h9}$	39	$b - 8 \times 52 \times 58 \frac{H12}{a11} \times 10 \frac{D9}{js7}$
15	$b - 8 \times 56 \times 62 \frac{H12}{a11} \times 10 \frac{D9}{e9}$	40	$d - 8 \times 42 \frac{H7}{g6} \times 48 \frac{H12}{a11} \times 8 \frac{H8}{h7}$
16	$d - 8 \times 62 \frac{H8}{e8} \times 68 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{H8}{js7}$	41	$D - 8 \times 56 \times 65 \frac{H7}{js6} \times 10 \frac{D9}{f7}$
17	$D - 6 \times 28 \times 34 \frac{H8}{e8} \times 7 \frac{F8}{js7}$	42	$b - 20 \times 92 \times 102 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{F8}{js7}$
18	$b - 10 \times 42 \times 52 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D9}{h9}$	43	$d - 10 \times 28 \frac{H7}{f7} \times 35 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{D9}{k7}$

Номер варианта	Условное обозначение шлицевых соединений	Номер варианта	Условное обозначение шлицевых соединений
19	$d - 10 \times 82 \frac{H7}{n6} \times 88 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{e8}$	44	$D - 10 \times 26 \frac{H11}{a11} \times 32 \frac{H7}{f7} \times 9 \frac{D9}{k7}$
20	$D - 8 \times 36 \times 42 \frac{H7}{g6} \times 7 \frac{F8}{f7}$	45	$b - 10 \times 28 \times 35 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{F8}{f8}$
21	$b - 10 \times 92 \times 98 \frac{H11}{a11} \times 14 \frac{D9}{k7}$	46	$d - 10 \times 32 \frac{H7}{f7} \times 35 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{h9}$
22	$d - 8 \times 42 \frac{H7}{g6} \times 48 \frac{H12}{a11} \times 8 \frac{D9}{e8}$	47	$D - 10 \times 42 \times 52 \frac{H7}{f7} \times 6 \frac{F8}{d9}$
23	$D - 10 \times 52 \times 60 \frac{H7}{h7} \times 5 \frac{F8}{f8}$	48	$b - 10 \times 36 \times 45 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{h9}$
24	$b - 10 \times 102 \times 108 \frac{H12}{a11} \times 16 \frac{D9}{k7}$	49	$d - 16 \times 56 \frac{H7}{g6} \times 65 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{H8}{js7}$
25	$d - 16 \times 62 \times 72 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D9}{e9}$	50	$D - 20 \times 82 \times 92 \frac{H7}{f7} \times 6 \frac{F8}{f7}$

Таблица 5.2

**Исходные данные для расчета допусков и посадок  
на шпоночные соединения**

Номер варианта	Диаметр вала	Тип шпонки	Вид соединения	Номер варианта	Диаметр вала	Тип шпонки	Вид соединения
1	8	Призматич.	П	26	16	Призматич.	Н
2	10	Призматич.	Н	27	15	Призматич.	С
3	12	Сегментная	С	28	14	Призматич.	П
4	14	Призматич.	П	29	50	Призматич.	Н
5	16	Призматич.	Н	30	26	Призматич.	С
6	28	Сегментная	С	31	28	Призматич.	П
7	30	Призматич.	П	32	40	Призматич.	Н
8	32	Призматич.	Н	33	53	Призматич.	С
9	34	Призматич.	С	34	72	Сегментная	П
10	36	Сегментная	П	35	75	Призматич.	Н
11	50	Призматич.	Н	36	80	Призматич.	С
12	53	Призматич.	С	37	84	Призматич.	П
13	56	Сегментная	П	38	40	Сегментная	Н
14	55	Призматич.	Н	39	20	Призматич.	С

Номер варианта	Диаметр вала	Тип шпонки	Вид соединения	Номер варианта	Диаметр вала	Тип шпонки	Вид соединения
15	52	Сегментная	С	40	22	Сегментная	П
16	56	Призматич.	П	41	24	Призматич.	Н
17	60	Призматич.	Н	42	42	Призматич.	С
18	53	Призматич.	С	43	45	Призматич.	П
19	38	Призматич.	П	44	36	Сегментная	Н
20	36	Призматич.	Н	45	48	Призматич.	С
21	34	Призматич.	С	46	71	Призматич.	П
22	32	Сегментная	П	47	26	Сегментная	Н
23	30	Призматич.	Н	48	56	Призматич.	С
24	18	Призматич.	С	49	52	Призматич.	П
25	17	Сегментная	П	50	50	Призматич.	Н

Примечание. Н – нормальное, П – плотное, С – свободное.

### Пример решения задачи:

1.1. Шлицевое соединение:  $d - 20 \times 112 \frac{H7}{g6} \times 125 \frac{H12}{a11} \times 9 \frac{D9}{k7}$ ,  
где  $d$  – центрирование по внутреннему диаметру;  $z = 20$  – количество шлицов;  $d = 112 \frac{H7}{g6}$  – внутренний диаметр;  $D = 125 \frac{H12}{a11}$  – внешний диаметр;  $b = 9 \frac{D9}{k7}$  – ширина шлица.

1.2. Выписываем предельные отклонения для центрирующих и нецентрирующих элементов шлицевого соединения из ГОСТ 25347–89:

$$\varnothing 112 \frac{H7}{g6} :$$

$$ES = +35 \text{ мкм} = +0,035 \text{ мм};$$

$$EI = 0 \text{ мкм};$$

$$es = -12 \text{ мкм} = -0,021 \text{ мм};$$

$$ei = -34 \text{ мкм} = -0,034 \text{ мм}.$$

$$\varnothing 125 \frac{H12}{a11} :$$

$$ES = +400 \text{ мкм} = +0,400 \text{ мм};$$

$$EI = 0 \text{ мкм};$$

$$es = -460 \text{ мкм} = -0,460 \text{ мм};$$

$$ei = 710 \text{ мкм} = -0,710 \text{ мм}.$$

$$9 \frac{D9}{k7} :$$

$$ES = +76 \text{ мкм} = +0,076 \text{ мм};$$

$$EI = +40 \text{ мкм} = +0,040 \text{ мм};$$

$$es = +16 \text{ мкм} = +0,016 \text{ мм};$$

$$ei = +1 \text{ мкм} = +0,001 \text{ мм}.$$

1.3. Определяем предельные размеры всех элементов соединений, их допуски, строим схему расположения полей допусков по центрирующему и нецентрирующим элементам, определяем предельные зазоры или натяги:

$$\varnothing 112 \frac{H7}{g6} :$$

$$D_{\max} = D_H + ES = 112 + 0,035 = 112,035 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 112 + 0 = 112 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_H + es = 112 - 0,012 = 111,988 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 112 - 0,034 = 111,966 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,035 - 0 = 0,035 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = -0,012 - (-0,034) = 0,022 \text{ мм}.$$

Схема расположения полей допусков:

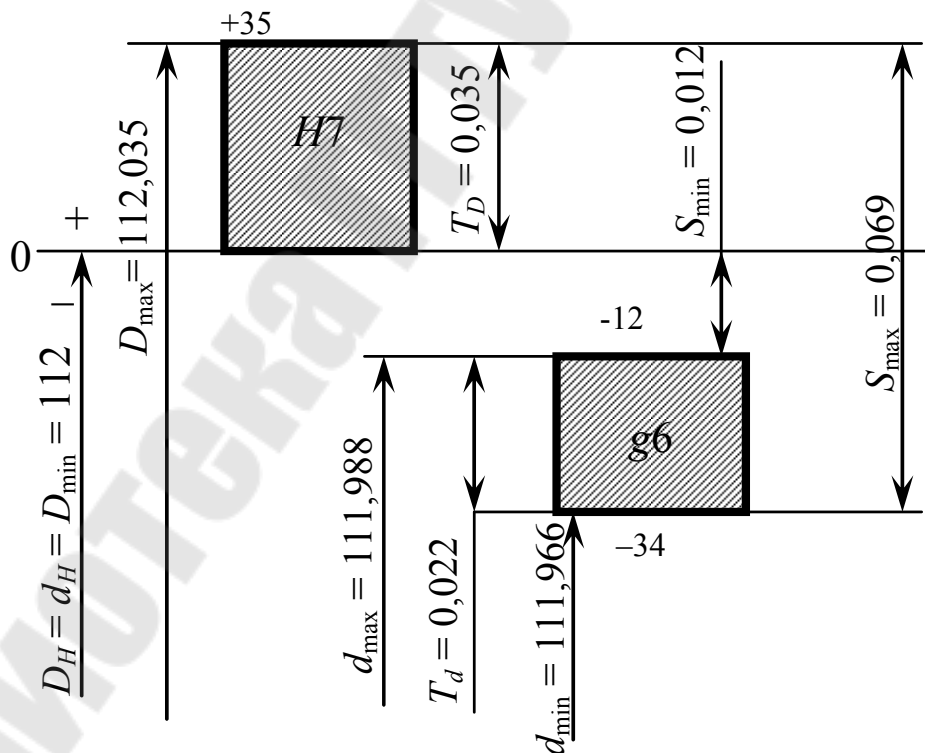


Рис. 5.1

Определяем предельные зазоры и допуски посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 112,035 - 111,966 = 0,069 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 112 - 111,988 = 0,012 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,069 - 0,012 = 0,035 + 0,022 = 0,057 \text{ мм}.$$

$\varnothing 125 \frac{H12}{a11}$ :

$$D_{\max} = D_H + ES = 125 + 0,400 = 125,400 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 125 + 0 = 125 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_H + es = 125 - 0,460 = 124,540 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 125 - 0,71 = 124,290 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,400 - 0 = 0,400 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = -0,046 - (-0,071) = 0,250 \text{ мм}.$$

Схема расположения полей допусков:

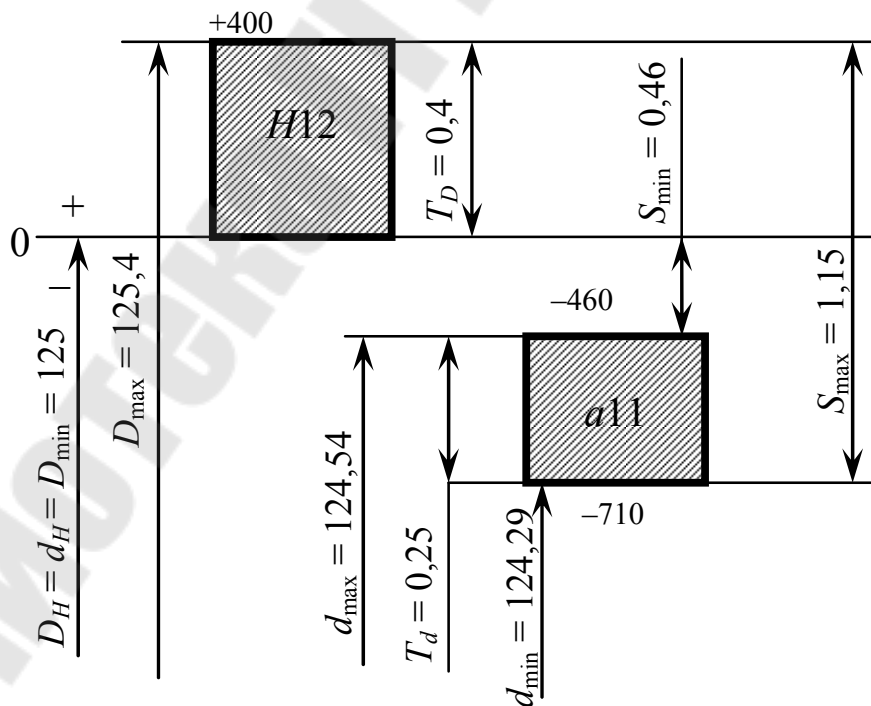


Рис. 5.2

Определяем предельные зазоры и допуски посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 125,400 - 124,290 = 1,11 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 125 - 124,540 = 0,046 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 1,11 - 0,046 = 0,4 + 0,25 = 0,65 \text{ мм}.$$

$$9 \frac{D9}{k7}:$$

$$B_{\max} = B_H + ES = 9 + 0,076 = 9,076 \text{ мм};$$

$$B_{\min} = B_H + EI = 9 + 0,04 = 9,040 \text{ мм};$$

$$b_{\max} = b_H + es = 9 + 0,016 = 9,016 \text{ мм};$$

$$b_{\min} = b_H + ei = 9 + 0,001 = 9,001 \text{ мм};$$

$$T_B = ES - EI = 0,076 - 0,040 = 0,036 \text{ мм};$$

$$T_b = es - ei = 0,016 - 0,001 = 0,015 \text{ мм}.$$

Схема расположения полей допусков:

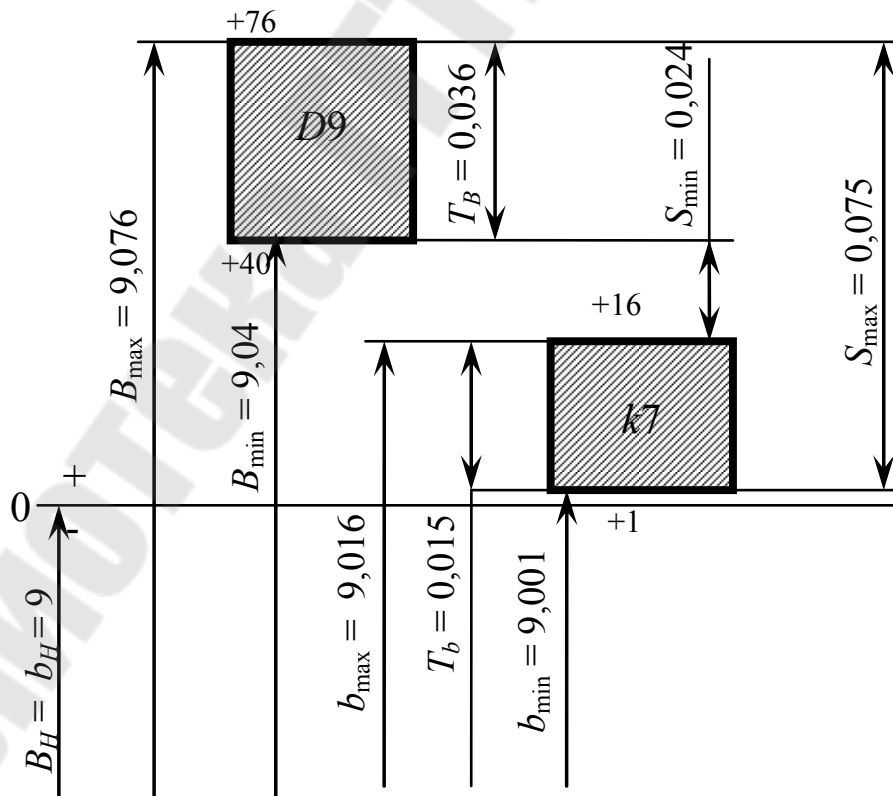


Рис. 5.3



Определяем предельные зазоры и допуски посадки:

$$S_{\max} = B_{\max} - b_{\min} = 9,076 - 9,001 = 0,075 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = B_{\min} - b_{\max} = 9,04 - 9,016 = 0,024 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_B + T_b = 0,075 - 0,024 = 0,036 + 0,015 = 0,051 \text{ мм}.$$

1.4. Эскиз шлицевого соединения:

Эскиз шлицевого вала:

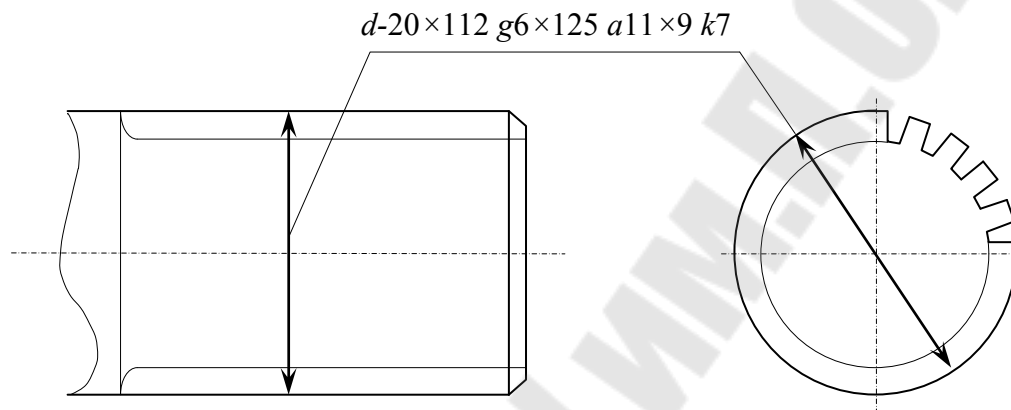


Рис. 5.4

Эскиз шлицевой втулки:

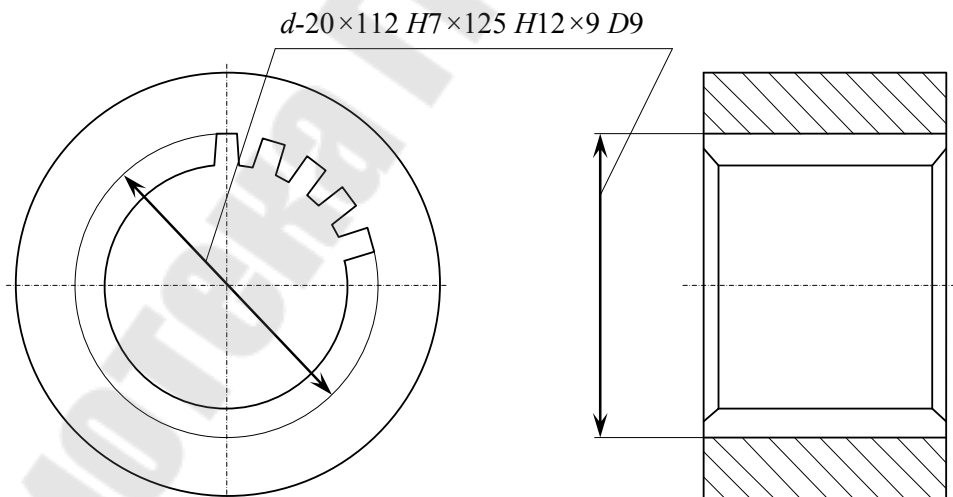


Рис. 5.5

Эскиз шлицевого соединения:

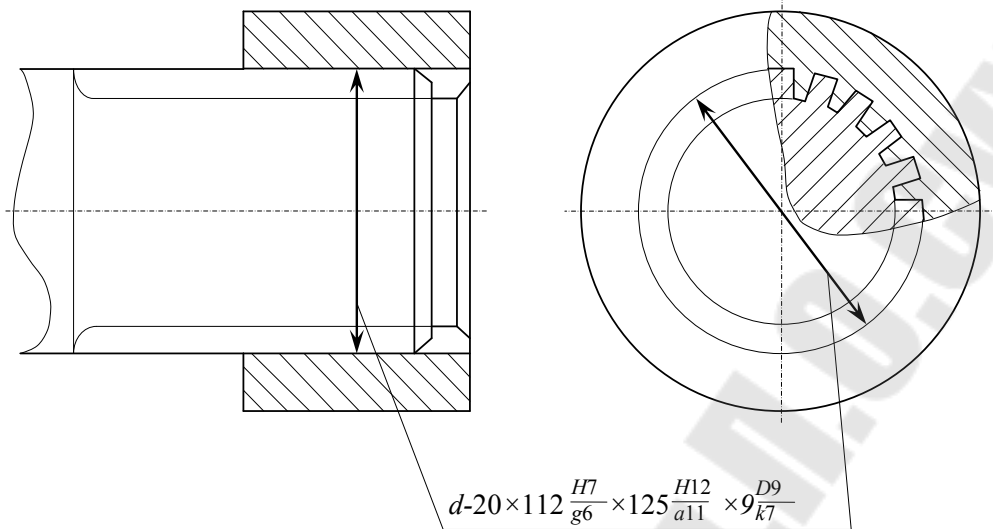


Рис. 5.6

2.1. Исходные данные:  $\varnothing 40$ , шпонка призматическая, соединение плотное.

В зависимости от диаметра вала и вида шпонки выбираем основные конструктивные размеры элементов шпоночного соединения (табл. П.1.6–П.1.7).

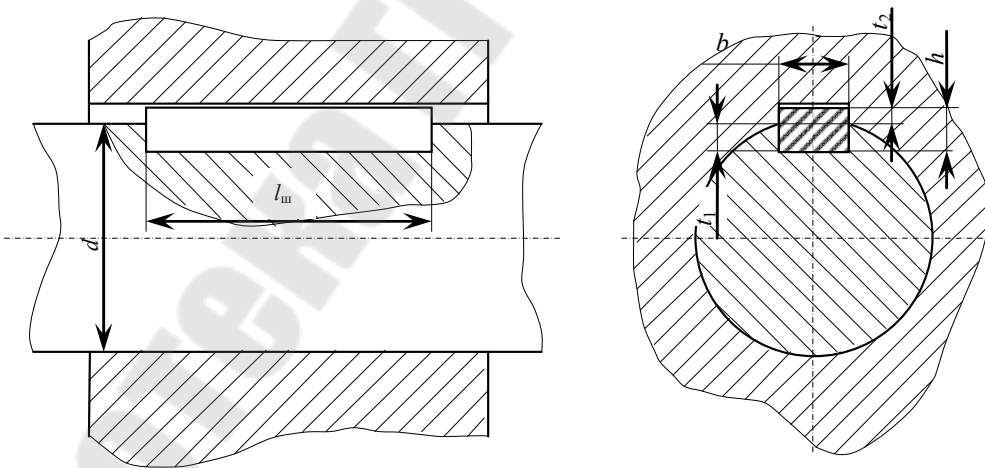


Рис. 5.7

$$b \times h = 12 \times 8 \text{ мм};$$

$$l_{\text{ш}} = (1,2 \dots 1,5)d = (1,2 \dots 1,5)40 = 48 \dots 60 \text{ мм, принимаем } l_{\text{ш}} = 50 \text{ мм};$$

$$t_1 = 5 \text{ мм};$$

$$t_2 = 3,3 \text{ мм}.$$

2.2. В соответствии с видом шпоночного соединения (плотное), выбираем поля допусков для шпонки, паза вала и паза втулки:

– соединение втулка-шпонка:  $12 \frac{P9}{h9}$  (если нормальное  $\frac{Js9}{h9}$ , свободное  $\frac{N9}{h9}$ );

– соединение вал-шпонка:  $12 \frac{P9}{h9}$  (если нормальное  $\frac{D10}{h9}$ , свободное  $\frac{H9}{h9}$ ).

2.3. Выписываем предельные отклонения ширины шпонки и пазов из ГОСТ 25347–89:

$$12 \frac{P9}{h9} :$$

$$ES = -18 \text{ мкм} = -0,018 \text{ мм};$$

$$EI = -61 \text{ мкм} = -0,061 \text{ мм};$$

$$es = 0 \text{ мкм};$$

$$ei = -43 \text{ мкм} = -0,043 \text{ мм}.$$

2.4. Определяем предельные размеры шпонки с пазами по ширине пазов и шпонки, их допуски; строим схему расположения полей допусков шпонки и пазов; определяем предельные зазоры или натяги:

$$12 \frac{P9}{h9} :$$

$$B_{\max} = B_H + ES = 12 - 0,018 = 11,982 \text{ мм};$$

$$B_{\min} = B_H + EI = 12 - 0,061 = 11,939 \text{ мм};$$

$$b_{\max} = b_H + es = 12 + 0 = 12 \text{ мм};$$

$$b_{\min} = b_H + ei = 12 - 0,043 = 11,957 \text{ мм};$$

$$T_B = ES - EI = -0,018 - (-0,061) = 0,043 \text{ мм};$$

$$T_b = es - ei = 0 - (-0,043) = 0,043 \text{ мм}.$$

Схема расположения полей допусков:

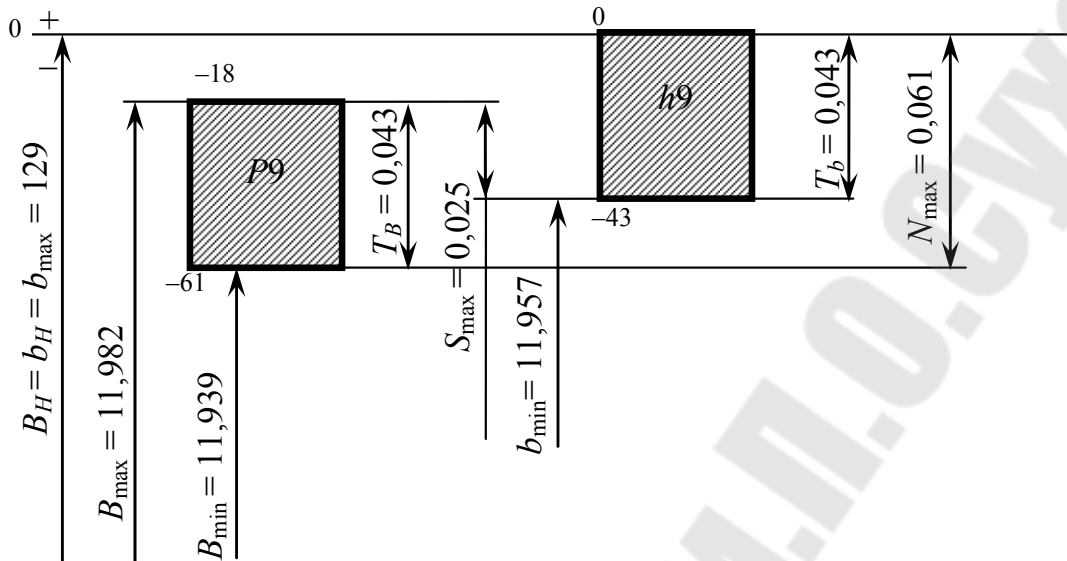


Рис. 5.8

Определяем предельные зазоры, натяги и допуски посадки:

$$S_{\max} = B_{\max} - b_{\min} = 11,982 - 11,957 = 0,025 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = b_{\max} - B_{\min} = 12 - 11,939 = 0,061 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,061 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,025 \text{ мм};$$

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_B + T_b = 0,061 - (-0,025) = 0,043 + 0,043 = 0,086 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_B + T_b = 0,025 - (-0,061) = 0,043 + 0,043 = 0,086 \text{ мм}.$$

2.5. Эскиз шпоночного соединения:

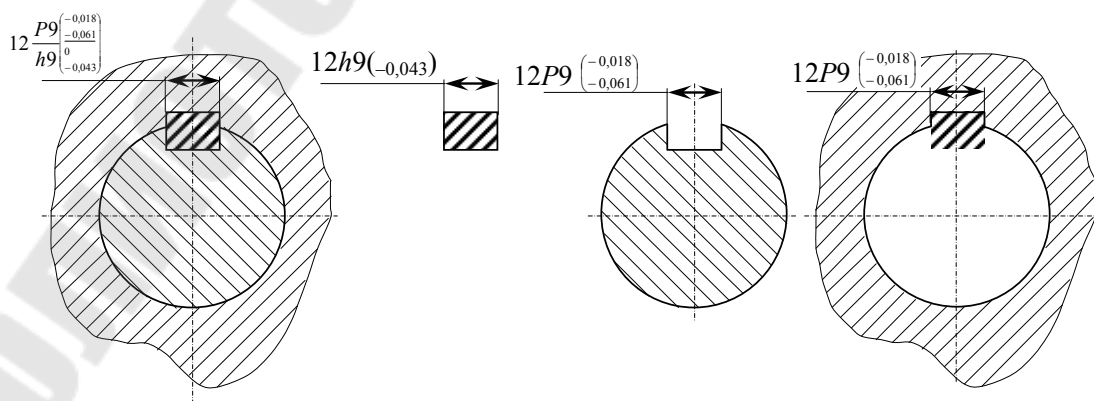


Рис. 5.9

## Задача № 6

### РАСЧЕТ ДОПУСКОВ НА РЕЗЬБУ

#### План решения задачи:

1. Для заданного резьбового соединения (табл. 6.1) определить основные размеры для заданной резьбы.
2. Для болта и гайки заданной резьбы определить допуски на средний диаметр и отклонения по наружному (для болта) и внутреннему (для гайки) диаметрам.
3. Подсчитать предельные размеры болта и гайки.
4. Построить теоретический профиль по основным размерам и схему расположения полей допусков на них.
5. Вычертить эскиз резьбового соединения.

Таблица 6.1

Исходные данные для расчета допусков на резьбу

Номер варианта	Резьбовое соединение	Номер варианта	Резьбовое соединение
1	$M4 \frac{5H}{4g}$	26	$M3 \frac{7H}{8g}$
2	$M5 \frac{4H5H}{4h}$	27	$M3 \frac{7G}{8g}$
3	$M6 \frac{4H5H}{4g}$	28	$M12 \times 1,25 \frac{4H5H}{4h}$
4	$M6 \times 0,5 \frac{6H}{6h}$	29	$M12 \times 1,25 \frac{5H}{4g}$
5	$M8 \frac{6H}{6g}$	30	$M12 \times 1,25 \frac{6H}{6g}$
6	$M10 \times 0,5 \frac{6G}{6f}$	31	$M12 \times 1 \frac{6H}{6f}$
7	$M12 \frac{6G}{6e}$	32	$M12 \times 1 \frac{7H}{8g}$
8	$M16 \frac{6G}{6d}$	33	$M14 \times 1,25 \frac{6H}{6g}$
9	$M16 \times 1 \frac{6H}{6h}$	34	$M14 \times 1,25 \frac{6H}{8g}$
10	$M16 \times 0,75 \frac{6H}{6g}$	35	$M14 \times 1,25 \frac{5H}{4g}$

Окончание табл. 6.1

Номер варианта	Резьбовое соединение	Номер варианта	Резьбовое соединение
11	$M20 \times 1 \frac{6G}{6h}$	36	$M30 \times 0,75 \frac{6H}{6g}$
12	$M20 \times 0,75 \frac{6G}{6g}$	37	$M33 \times 1,5 \frac{7H}{8g}$
13	$M20 \times 0,5 \frac{6G}{6f}$	38	$M33 \times 1,5 \frac{4H5H}{4h}$
14	$M22 \frac{7H}{8g}$	39	$M33 \times 1,5 \frac{5H}{4g}$
15	$M22 \times 1 \frac{6H}{6g}$	40	$M33 \times 1 \frac{7H}{8g}$
16	$M24 \times 0,75 \frac{6G}{6e}$	41	$M33 \frac{5H}{4h}$
17	$M27 \frac{6G}{8g}$	42	$M33 \frac{6H}{6g}$
18	$M27 \times 1,5 \frac{5H}{4h}$	43	$M33 \frac{7H}{8g}$
19	$M27 \times 1 \frac{5H}{4g}$	44	$M42 \times 2 \frac{4H5H}{4h}$
20	$M27 \times 0,75 \frac{4H5H}{4g}$	45	$M42 \times 2 \frac{6G}{6h}$
21	$M36 \times 2 \frac{6H}{6h}$	46	$M42 \times 1 \frac{6H}{6g}$
22	$M36 \times 1,5 \frac{6G}{6e}$	47	$M42 \times 1 \frac{5H}{4h}$
23	$M42 \frac{7H}{8g}$	48	$M48 \frac{5H}{4h}$
24	$M42 \times 2 \frac{6H}{6g}$	49	$M48 \frac{6H}{6h}$
25	$M45 \frac{6G}{6f}$	50	$M48 \times 2 \frac{6H}{6g}$

**Пример решения задачи:**

1. Для заданного резьбового соединения  $M48 \times 1,5 \frac{6H}{6g}$  определяем основные размеры.

Шаг резьбы  $p = 1,5$  мм. Если шаг не задан, то назначаем его по [2, с. 141].

По [2, с. 144] определяем размеры среднего и внутреннего диаметров метрической резьбы:

– средний диаметр:

$$d_2 = D_2 = d - 1 + 0,026 = 48 - 1 + 0,026 = 47,026 \text{ мм};$$

– внутренний диаметр:

$$d_1 = D_1 = d - 2 + 0,376 = 48 - 2 + 0,376 = 46,376 \text{ мм}.$$

2. По [2, стр. 153] определяем допуски на болт  $\text{Ø} 48\text{g6}$ :

– средний диаметр  $d_2$ :

$$es = -32 \text{ мкм} = -0,032 \text{ мм}; ei = -192 \text{ мкм} = -0,192 \text{ мм};$$

– наружный диаметр  $d$ :

$$es = -32 \text{ мкм} = -0,032 \text{ мм}; ei = -268 \text{ мкм} = -0,268 \text{ мм};$$

– внутренний диаметр  $d_1$ :

$$es = -32 \text{ мкм} = -0,032 \text{ мм}; ei \text{ – не нормируется}.$$

На гайку  $\text{Ø} 48\text{H6}$ :

– средний диаметр  $D_2$ :

$$ES = +212 \text{ мкм} = +0,212 \text{ мм}; EI = 0 \text{ мкм};$$

– внутренний диаметр  $D_1$ :

$$ES = +300 \text{ мкм} = +0,300 \text{ мм}; EI = 0 \text{ мкм};$$

– наружный диаметр  $D$ :

$$ES \text{ – не нормируется}; EI = 0 \text{ мкм}.$$

3. Определяем предельные размеры болта:

$$d_{\max} = d_H + es = 48 - 0,032 = 47,968 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 48 - 0,268 = 47,732 \text{ мм};$$

$$d_{2\max} = d_2 + es = 47,026 - 0,032 = 46,994 \text{ мм};$$

$$d_{2\min} = d_2 + ei = 47,026 - 0,192 = 46,834 \text{ мм};$$

$$d_{1\max} = d_1 + es = 46,376 - 0,032 = 46,344 \text{ мм};$$

$$d_{1\min} \text{ – не нормируется}.$$

Гайки:

$D_{\max}$  – не нормируется;

$$D_{\min} = D_H + EI = 48 + 0 = 48 \text{ мм};$$

$$D_{2\max} = D_2 + ES = 47,026 + 0,212 = 47,238 \text{ мм};$$

$$D_{2\min} = D_2 + EI = 47,026 + 0 = 47,026 \text{ мм};$$

$$D_{1\max} = D_1 + ES = 46,376 + 0,300 = 46,676 \text{ мм};$$

$$D_{1\min} = D_1 + EI = 46,376 + 0 = 46,376 \text{ мм}.$$

4. Строим схему расположения допусков болта с основным отклонением  $g_6$  и гайки с основным отклонением  $H_6$ :

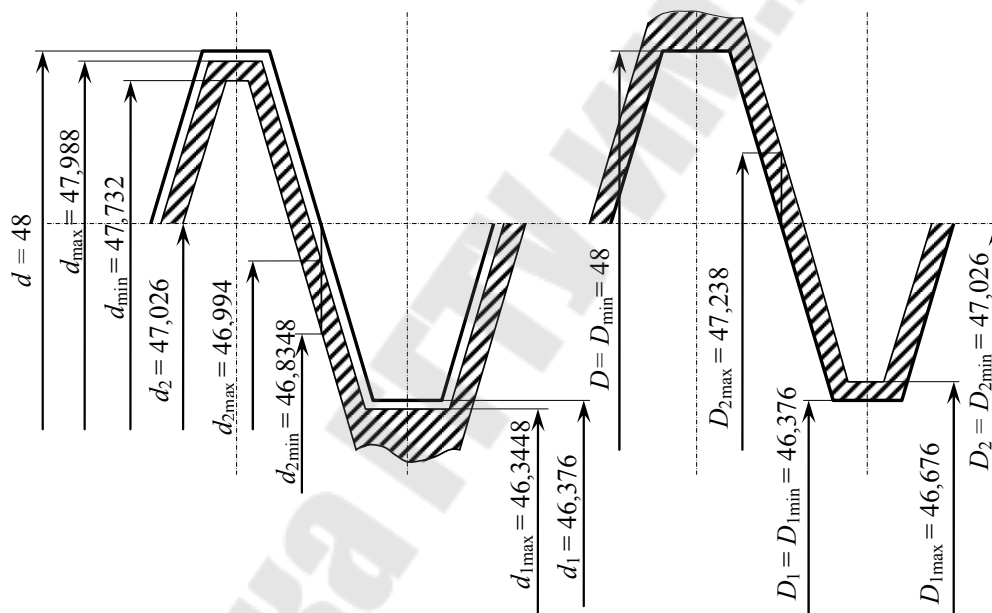


Рис. 6.1

5. Эскиз резьбового соединения:

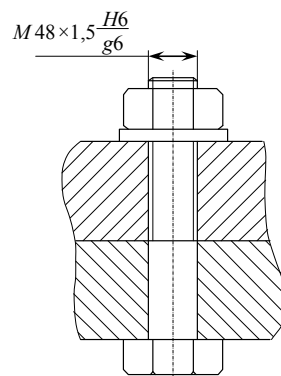


Рис. 6.2



## Литература

1. Допуски и посадки / В. Д. Мягков [и др.] // справочник : в 2 ч.  
Ч. 1 : Машиностроение. – Л. : Ленингр. отд-ние, 1982. – 546 с.
2. Допуски и посадки / В. Д. Мягков [и др.] : справочник в 2 ч.  
Ч. 2 : Машиностроение. – Л. : Ленингр. отд-ние, 1983. – 448 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1.1

### Допуски и отклонения калибров (ГОСТ 24853–81)

Квалитеты допусков изделия	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		до 3	свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 315	свыше 315 до 400	свыше 400 до 500	
		Размеры и допуски, мкм													
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	
	Z <sub>1</sub>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	Y <sub>1</sub>	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7	
	H, H <sub>S</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H <sub>P</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1
7	Z, Z <sub>1</sub>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	Y, Y <sub>1</sub>	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	
	H, H <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H <sub>S</sub>	–	–	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H <sub>P</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1

Квалитеты допусков изделия	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		до 3	свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 315	свыше 315 до 400	свыше 400 до 500	
		Размеры и допуски, мкм													
8	Z, Z <sub>1</sub>	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	
	Y, Y <sub>1</sub>	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>S</sub> <sup>*</sup> , H <sub>P</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
9	Z, Z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>S</sub> <sup>*</sup> , H <sub>P</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
10	Z, Z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>S</sub> <sup>*</sup> , H <sub>P</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1

Квалитеты допусков изделия	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		до 3	свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 315	свыше 315 до 400	свыше 400 до 500	
		Размеры и допуски, мкм													
11	Z, Z <sub>1</sub>	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20	
	H, H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	IT4
	H <sub>S</sub>	–	–	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>P</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
12	Z, Z <sub>1</sub>	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35	
	H, H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	IT4
	H <sub>S</sub>	–	–	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>P</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
13	Z, Z <sub>1</sub>	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	IT5
	H <sub>S</sub>	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	IT5
	H <sub>P</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2

Квалитеты допусков изделия	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		до 3	свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 315	свыше 315 до 400	свыше 400 до 500	
		Размеры и допуски, мкм													
14 **	$Z, Z_1$	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	
	$Y, Y_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	
	$H, H_1$	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	<i>IT5</i>
	$H_S$	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	<i>IT5</i>
	$H_P$	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	<i>IT2</i>
15 **	$Z, Z_1$	40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240	
	$Y, Y_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	90	110	140	
	$H, H_1$	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	<i>IT5</i>
	$H_S$	–	–	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	<i>IT5</i>
	$H_P$	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	<i>IT2</i>
16 17 **	$Z, Z_1$	40	48	56	64	72	80	90	100	110	210	240	280	320	
	$Y, Y_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	140	180	220	
	$H, H_1$	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	<i>IT5</i>
	$H_S$	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	<i>IT5</i>
	$H_P$	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	<i>IT2</i>

\*Для размеров свыше 6 мм.

\*\* Для размеров свыше 1 мм.

*Примечания:* **1.** Числовые значения стандартных допусков – по ГОСТ 25347. **2.** Исполнительные размеры рабочих калибров – по ГОСТ 21401. **3.** С целью ограничения числа проходных калибров-пробок размерами до 180 мм с основным отклонением диаметра контролируемого отверстия  $H$  рекомендуется изготавливать их для отверстий: 9 и 10 квалитета – по 9 квалитету; 11 и 12 квалитета – по 11 квалитету; 13 и 14 квалитета – по 13 квалитету; 15, 16 и 17 квалитета – по 15 квалитету; с основным отклонением  $D$  для отверстий: 9 и 10 квалитета – по 9 квалитету; с основным отклонением  $B$  для отверстий: 11 и 12 квалитета – по 11 квалитету.

Таблица П.1.2

**Поля допусков посадочных мест валов подшипников качения  
(циркуляционное нагружение)**

Внутренний диаметр внутреннего кольца, мм		Допустимые значения $P_r$ , Н/мм							
		Поля допусков для корпусов							
		Класс точности подшипников							
		нормальный, 6				5,4,2*			
свыше	до	$js6$	$k6$	$m6$	$n6$	$js5$	$k5$	$m5$	$n5$
18	80	до 300	300–1400	1400–1600	1600–3000	до 300	300–1400	1400–1600	1600–3000
80	180	до 600	600–2000	2000–2500	2500–4000	до 600	600–2000	2000–2500	2500–4000
180	360	до 700	700–3000	3000–3500	3500–6000	до 700	700–3000	3000–3500	3500–6000
360	630	до 900	900–3500	3500–4500	4500–8000	до 900	900–3500	3500–4500	4500–8000

*Примечание.* \*Для подшипников 2 класса точности вал выполняют по 4 качеству.

Таблица П.1.3

**Поля допусков посадочных мест отверстий под подшипники качения  
(циркуляционное нагружение)**

Наружный диаметр наружного кольца, мм		Допустимые значения $P_r$ , Н/мм							
		Поля допусков для корпусов							
		Класс точности подшипников							
		нормальный, 6				5,4,2*			
свыше	до	$K7$	$M7$	$N7$	$P7$	$K6$	$M6$	$N6$	$P6$
50	180	до 800	800–1000	1000–1300	1300–2500	до 800	800–1000	1000–1300	1300–2500
180	360	до 1000	1000–1500	1500–2000	2000–3000	до 1000	1000–1500	1500–2000	2000–3000
360	630	до 1200	1200–2000	2000–2600	2600–4000	до 1200	1200–2000	2000–2600	2600–4000
630	1600	до 1600	1600–2500	2500–3500	3500–5500	до 1600	1600–2500	2500–3500	3500–5500

*Примечание.* \*Для подшипников Т и 2 класса точности отверстия выполняют по 5 качеству.

**Поля допусков посадочных мест валов и отверстий корпусов  
под подшипники качения (местное нагружение)**

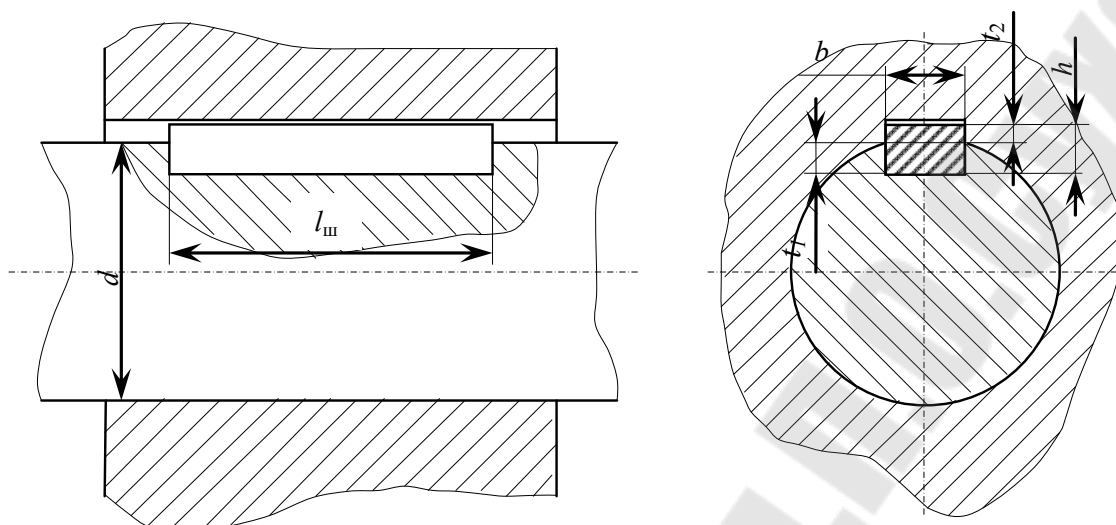
Размеры посадочных диаметров, мм		Поля допусков						Типы подшипников
		валов	отверстий в корпусе					
свыше	до		корпус неразъемный		корпус разъемный			
Нагрузка спокойная или с умеренными толчками и вибрацией; перегрузка до 150 %								
		Класс точности подшипника качения						
		5,4	0,6	5,4	0,6	5,4	0,6	
–	80	<i>h5</i>	<i>h6</i>	<i>H6</i>	<i>H7</i>	<i>H6</i>	<i>H7</i>	Все типы подшипников, кроме штампованных игольчатых
80	260	<i>g5</i>	<i>g6, f6</i>	<i>G6</i>	<i>G7</i>			
260	500	<i>f6</i>		<i>F7</i>	<i>F8</i>			
500	1000							
Нагрузка с ударами и вибрацией; перегрузка до 300 %								
		Класс точности подшипника качения						
		5,4	0,6	5,4	0,6	5,4	0,6	
–	80	<i>h5</i>	<i>h6</i>	<i>Js6</i>	<i>Js7</i>	<i>Js6</i>	<i>Js7</i>	Все типы подшипников, кроме штампованных игольчатых, роликовых, конических двухрядных
80	260			<i>H6</i>	<i>H7</i>			
260	500							
500	1000	<i>g5</i>	<i>g6</i>					
1000	1200	<i>h5</i>	<i>h6</i>	<i>H6</i>	<i>H7</i>	<i>Js6</i>	<i>Js7</i>	
1200	1600	<i>g5</i>	<i>g6</i>					



$$\text{Значение функции } \Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Сотые доли x									
0,0	0,0000	0040	0080	0112	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0754
0,2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2258	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2518	2549
0,7	2580	2612	2642	2673	2704	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2996	3023	3051	3079	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3553	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4430	4441
1,6	4452	4463	4474	4485	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4700	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4762	4767
	Десятые доли x									
2,0	4773	4821	4861	4893	4918	4938	4953	4965	4974	4981
3,0	4987	4990	4993	4995	4997	4998	4998	4999	4999	5000

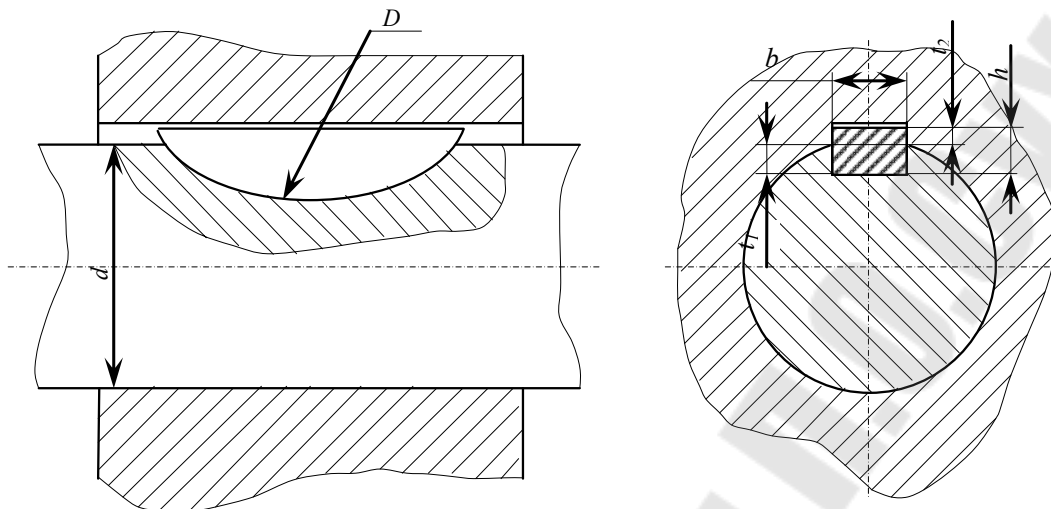
## Размеры призматических шпонок и пазов, мм (ГОСТ 23360–78)



$d$	Сечение шпонки		Фаска	Глубина паза		Длина $l$
	$b$	$h$		вала $t_1$	ступицы $t_2$	
От 12 до 17	5	5	0,25...0,4	3	2,3	10...56
Свыше 17 до 22	6	6	0,25...0,4	3,5	2,8	14...70
Свыше 22 до 30	8	7	0,4...0,6	4	3,3	18...90
Свыше 30 до 38	10	8	0,4...0,6	5	3,3	22...110
Свыше 38 до 44	12	8	0,4...0,6	5	3,3	28...140
Свыше 44 до 50	14	9	0,4...0,6	5,5	3,8	36...160
Свыше 50 до 58	16	10	0,4...0,6	6	4,3	45...180
Свыше 58 до 65	18	11	0,4...0,6	7	4,4	50...200
Свыше 65 до 75	20	12	0,6...0,8	7,5	4,9	56...220
Свыше 75 до 85	22	14	0,6...0,8	9	5,4	63...250
Свыше 85 до 95	25	14	0,6...0,8	9	5,4	70...280

**Примечания:** 1. Длины призматических шпонок  $l$  выбирают из следующего ряда: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250. 2. Пример условного обозначения шпонки, размеры  $b = 16$  мм,  $h = 10$  мм,  $l = 50$  мм: Шпонка 16×10×50 ГОСТ 23360–78.

## Размеры сегментных шпонок и пазов, мм (ГОСТ 24071–97)



$d$	Сечение шпонки			Фаска	Глубина паза	
	$b$	$h$	$D$		вала $t_1$	ступицы $t_2$
От 6 до 8	2,5	3,7	10	0,08...0,16	2,7	1,2
Свыше 8 до 10	3,0	5,0	13	0,08...0,16	3,8	1,4
Свыше 10 до 12	3,0	6,5	16	0,08...0,16	5,3	1,4
Свыше 12 до 14	4,0	6,5	16	0,16...0,25	5,0	1,8
Свыше 14 до 16	4,0	7,5	19	0,16...0,25	6,0	1,8
Свыше 16 до 18	5,0	6,5	16	0,16...0,25	4,5	2,3
Свыше 18 до 20	5,0	7,5	19	0,16...0,25	5,5	2,3
Свыше 20 до 22	5,0	9,0	22	0,16...0,25	7,0	2,3
Свыше 22 до 25	6,0	9,0	22	0,16...0,25	6,5	2,8
Свыше 25 до 28	6,0	10,0	25	0,16...0,25	7,5	2,8
Свыше 28 до 32	8,0	11,0	28	0,25...0,4	8,0	3,3
Свыше 32 до 38	10,0	13,0	32	0,25...0,4	10,0	3,3
Свыше 38 до 44	12,0	19	65	0,25...0,4	16	3,3

Примечания: 1. Стандарт предусматривает размеры соединений для валов диаметром  $d$  от 3 мм; 2. Пример условного обозначения шпонки, размеры  $b = 5$  мм,  $h = 6,5$  мм: Шпонка 5×6,5×50 ГОСТ 24071–97.

## Содержание

<i>Задача № 1.</i> Расчет предельных зазоров и натягов в гладких цилиндрических соединениях .....	3
<i>Задача № 2.</i> Расчет исполнительных размеров предельных калибров для контроля гладких цилиндрических деталей .....	12
<i>Задача № 3.</i> Выбор и расчет посадок для колец подшипников качения .....	16
<i>Задача № 4.</i> Расчет процентов зазора и натяга в переходных посадках .....	23
<i>Задача № 5.</i> Расчет допусков и посадок на прямобочные шлицевые и шпоночные соединения .....	26
<i>Задача № 6.</i> Расчет допусков на резьбу .....	37
Литература .....	41
Приложение .....	42

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

# **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Практикум**

**по одноименной дисциплине для студентов  
специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения»  
и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

**Составители: Кирпиченко Юрий Ефремович  
Прач Светлана Игоревна**

Редактор *А. В. Власов*  
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 27.06.17.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,79.

Изд. № 96.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение  
Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого.  
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя  
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.  
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель