

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
“Харьковский авиационный институт”

**ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ.
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

Харьков “ХАИ” 2017

УДК 621.002: 006.015.3: 621.713 (076.5)

ББК 34.6я73

В40

Викладено послідовність виконання завдань розрахунково-графічної роботи: аналіз єдиної системи допусків і посадок, розрахунки параметрів гладких калібрів, аналіз гладкої посадки із застосуванням закону Гаусса, вибір і аналіз посадок підшипника. Подано необхідні довідкові дані та рекомендації.

Для студентів механічних спеціальностей.

Коллектив авторов:

М. К. Князев, К. А. Данько, Ю. А. Невешкин, А. В. Онопченко

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. В. Н. Доля,
канд. техн. наук, доц. Н. Ф. Савченко

Взаимозаменяемость и стандартизация [Текст]: учеб. пособие по выполнению расчетно-графической работы / М. К. Князев, К. А. Данько, Ю. А. Невешкин, А. В. Онопченко. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т», 2017. – 76 с.

Изложена последовательность выполнения заданий расчетно-графической работы: анализ единой системы допусков и посадок, расчет параметров гладких калибров, анализ гладкой посадки с применением закона Гаусса, выбор и анализ посадок подшипника. Приведены необходимые справочные данные и рекомендации.

Для студентов механических специальностей.

Ил. 20. Табл. 5. Библиогр.: 9 назв.

УДК 621.002: 006.015.3: 621.713 (075.8)

ББК 34.6я73

© Коллектив авторов, 2017

© Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», 2017

ВВЕДЕНИЕ

Цель данной расчетно-графической работы (РГР) – изучение базовых принципов Единой системы допусков и посадок (ЕСДП), приобретение компетенций в анализе посадок гладких деталей, разработке калибров для контроля качества деталей вида «отверстие» и вида «вал», статистических методах анализа гладких посадок и анализе посадок подшипников качения. Данное пособие, соответственно, содержит четыре раздела, посвященные этим вопросам.

Индивидуальное задание на проектирование выдает преподаватель. К защите студент представляет только графическую часть РГР, которую рекомендуется выполнять на листах стандартного формата А3.

1 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ЕСДП (лист 1)

Целью выполнения данного задания является закрепление теоретических знаний о предельных и основных отклонениях, посадках в системе вала и системе отверстия, указании размеров в конструкторской и технологической документации, приобретение практических навыков в выполнении расчетов предельных размеров, зазоров и натягов в посадках.

Последовательность выполнения этого задания следующая:

1.1 В заголовке листа записать **основной интервал размеров**, в который попадает размер, указанный в индивидуальном задании. Для определения основного интервала в среднем диапазоне размеров 1–500 мм использовать ДСТУ 2500-94 (приложение 1, таблица П.1.1).

1.2 Изобразить схему расположения полей допусков для всех рекомендуемых посадок в системе отверстия Н7 и в системе вала h6 для всех вариантов задания (приложение 2, таблицы П.2.3 и П.2.4).

Следует обратить внимание на относительное расположение рекомендуемых полей допусков (см. приложение 1, рисунок П.1.1) при выполнении схемы расположения. На схеме показывают верхние и нижние отклонения для всех полей допусков с обязательным указанием знаков («+» или «–»).

Необходимо учитывать, что в стандартах ЕСДП и на схемах **предельные отклонения приведены в микрометрах** (мкм), а в конструкторской и технологической документации **размеры нужно указывать в миллиметрах** (мм). Поэтому при выполнении расчетов величины предельных отклонений из микрометров переводят в миллиметры: **1 мкм = 0,001 мм**.

Границы трех видов посадок обозначить на схеме вертикальными штриховыми линиями и соответствующими надписями («с зазором», «переходная», «с натягом»).

1.3 Сначала, при изучении ДСТУ 2500-94, определить численные значения **основного отклонения** и **второго предельного отклонения** с помощью таблиц и формул (см. приложение 1, таблицы П.1.1, П.1.2, П.1.3).

Основное отклонение – это одно из двух предельных отклонений, **ближайшее к нулевой линии**. Второе (неосновное) отклонение поля допуска определяют с помощью основного отклонения и допуска:

- для валов (см. приложение 1, рисунок П.1.1):

- основное отклонение от a до h (верхнее предельное отклонение **es**)

$$ei = es - T_d; \quad (1.1)$$

- основное отклонение от k до zc (нижнее предельное отклонение **ei**)

$$es = ei + T_d; \quad (1.2)$$

- для отверстий (см. приложение 1, рисунок П.1.1):

- основное отклонение от A до H (нижнее предельное отклонение **EI**)

$$ES = EI + T_D; \quad (1.3)$$

- основное отклонение от K до ZC (верхнее предельное отклонение **ES**)

$$EI = ES - T_D. \quad (1.4)$$

Следует использовать величину диаметра и номер качества точности, указанные в индивидуальном задании, для определения основных отклонений и допусков по стандарту ДСТУ 2500-94 (см. приложение 1, таблицы П.1.1 (допуски), П.1.2 (основные отклонения валов), П.1.3 (основные отклонения отверстий)).

Симметричные предельные отклонения отверстий J_s и валов j_s находят из выражения $\pm ITn/2$, где ITn – величина допуска n -го качества точности.

Например, для вала $\varnothing 160s8$ (рисунок 1.1) основное отклонение s является верхним предельным отклонением **es** . В соответствии со стандартом ДСТУ 2500-94 и номинальным размером $\varnothing 160$ его численная величина **$es = -210$ мкм** (см. приложение 1, таблицу П.1.2). Допуск по 8-му качеству точности **$T_d = 63$ мкм** (см. приложение 1, таблицу П.1.1). По формуле (1.1) рассчитывают нижнее предельное отклонение **$ei = (-210) - 63 = -273$ мкм**.

Для вала $\varnothing 160j_s6$ (см. рисунок 1.1) рассчитывают предельные отклонения: верхнее **$es = +IT6/2 = +25/2 = +12,5$ мкм**; нижнее **$ei = -IT6/2 = -25/2 = -12,5$ мкм**, где **$IT6 = 25$ мкм** – допуск по 6-му качеству точности для размера 160 мм в основном интервале размеров 120–180 мм (см. приложение 1, таблицу П.1.1).

Для вала $\varnothing 160r6$ основное отклонение r является *нижним* предельным отклонением (см. рисунок 1.1) и в соответствии со стандартом ДСТУ 2500-94 и номинальным размером $\varnothing 160$ его численная величина **$ei = +43$ мкм** (см. приложение 1, таблицу П.1.2). Допуск по 6-му качеству точности **$T_d = 25$ мкм** (см. приложение 1, таблицу П.1.1). Поэтому по формуле (1.2) *верхнее* предельное отклонение **$es = (+43) + 25 = +68$ мкм**.

ПОСАДКИ

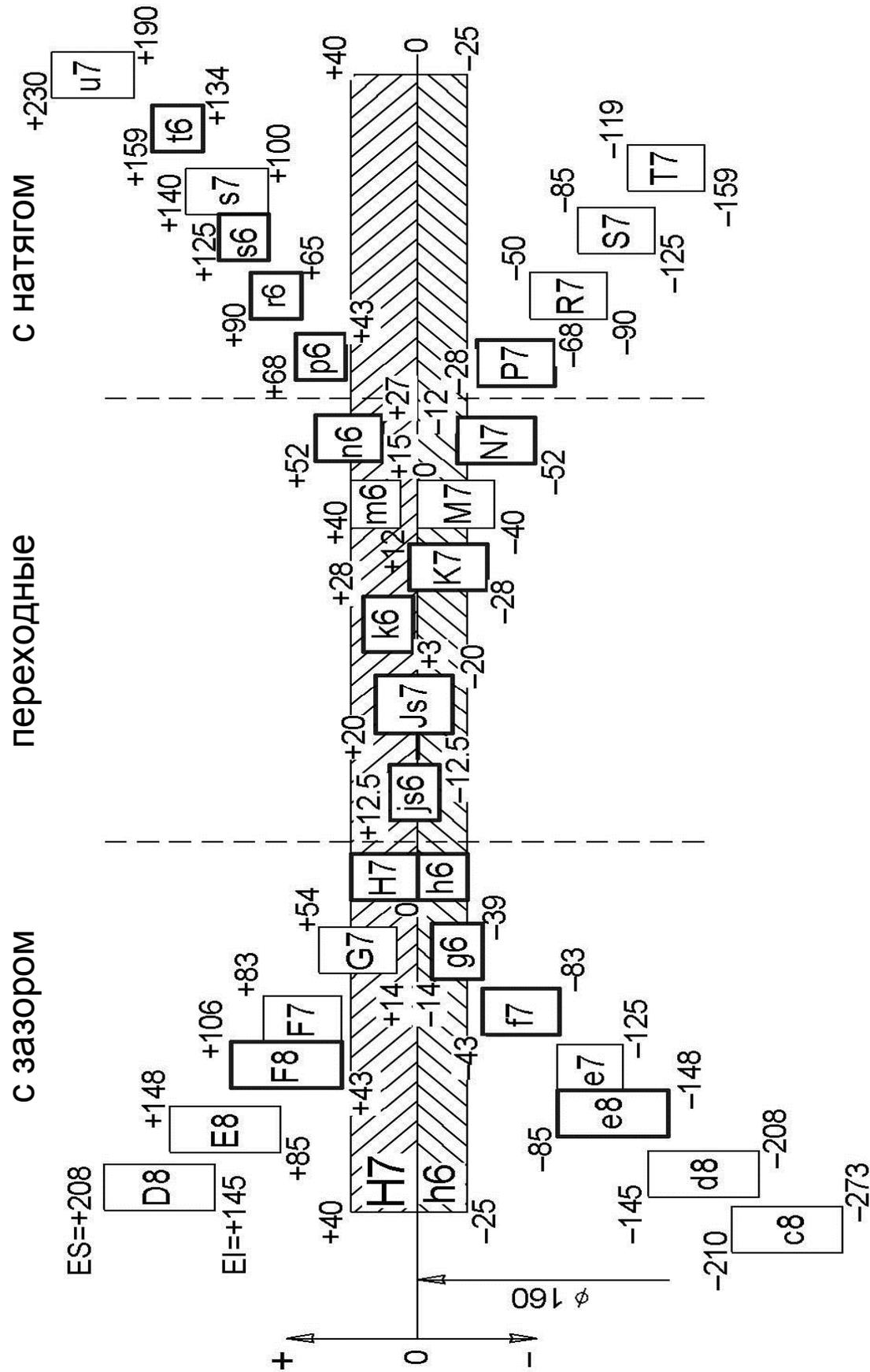


Рисунок 1.1 – Схема расположения полей допусков валов и отверстий для рекомендуемых посадок в системе отверстия H7 и системе вала h6: – предпочтительные поля допусков

Например, для отверстия Ø160F8 основное отклонение **F** является нижним предельным отклонением (см. рисунок 1.1), и его численная величина $EI = +43$ мкм (см. приложение 1, таблицу П.1.3). Допуск по качеству точности 8 $T_D = 63$ мкм (см. приложение 1, таблицу П.1.1). Верхнее предельное отклонение рассчитывают из формулы (1.3) $ES = (+43) + 63 = +106$ мкм.

Для отверстия Ø160N7 основное отклонение **N** является верхним предельным отклонением $ES = -27 + \Delta$ (см. приложение 1, таблицу П.1.3), где поправка $\Delta = 15$ мкм для основного отклонения **N** и 7-го качества (специальное правило для основных отклонений). Отсюда верхнее предельное отклонение $ES = -27 + 15 = -12$ мкм. Допуск $T_D = 40$ мкм (см. приложение 1, таблицу П.1.1). По формуле (1.4) нижнее предельное отклонение $EI = (-12) - 40 = -52$ мкм.

Необходимо проверить правильность определения значений верхних и нижних отклонений по стандарту ГОСТ 25347-82 (см. приложение 2, таблицы П.2.1 и П.2.2).

Предельные отклонения для других полей допусков выбирают из ГОСТ 25347-82 и записывают на схеме листа 1 (см. рисунок 1.1). Характерно, что среди *рекомендуемых полей* допусков, приведенных в этом стандарте, есть *предпочтительные поля* (они выделены рамочкой из толстых линий). Примерно 90 % технической продукции в мире выпускают с предпочтительными полями допусков.

1.4 Для системы отверстия и системы вала произвольным образом выбрать посадки с зазором, переходные посадки и посадки с натягом (см. рисунок 1.1), то есть 3 вала для основного отверстия H7 и 3 отверстия для основного вала h6. Рассчитать предельные размеры (максимальный и минимальный), средний размер, допуск для отверстий и валов, зазоры, натяги и допуск для посадок по приведенным ниже формулам:

– максимальный диаметр отверстия

$$D_{max} = D + ES; \quad (1.5)$$

– минимальный диаметр отверстия

$$D_{min} = D + EI; \quad (1.6)$$

– средний диаметр отверстия

$$D_m = \frac{D_{max} + D_{min}}{2} = D + EM, \quad \text{где } EM = \frac{ES + EI}{2}; \quad (1.7)$$

– допуск диаметра отверстия

$$T_D = D_{max} - D_{min} = ES - EI; \quad (1.8)$$

– максимальный диаметр вала

$$d_{max} = d + es; \quad (1.9)$$

– минимальный диаметр вала

$$d_{min} = d + ei; \quad (1.10)$$

– средний диаметр вала

$$d_m = \frac{d_{max} + d_{min}}{2} = d + em, \text{ где } em = \frac{es + ei}{2}; \quad (1.11)$$

- допуск диаметра вала

$$T_d = d_{max} - d_{min} = es - ei; \quad (1.12)$$

– максимальный и минимальный зазоры

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei, \quad S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es; \quad (1.13)$$

– средневероятностный зазор

$$S_m = D_m - d_m = EM - em; \quad (1.14)$$

– максимальный и минимальный натяги

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI, \quad N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES; \quad (1.15)$$

– средневероятностный натяг

$$N_m = d_m - D_m = em - EM; \quad (1.16)$$

– допуск посадки

$$T_\Sigma = T_D + T_d. \quad (1.17)$$

Посадки с зазором образуются, если размер отверстия больше, чем размер вала – на схеме поле допуска отверстия расположено выше, чем поле допуска вала (см. рисунок 1.1). Посадки с зазором характеризуют величинами максимального S_{max} , минимального S_{min} и среднего S_m зазоров.

Посадки с натягом образуются, если размер вала больше, чем размер отверстия – на схеме поле допуска вала расположено выше, чем поле допуска отверстия (см. рисунок 1.1). Посадки с натягом характеризуют величинами максимального N_{max} , минимального N_{min} и среднего N_m натягов.

Следует обратить внимание на **переходные посадки**: поля допусков отверстия и вала пересекаются (см. рисунок 1.1). Поэтому у них есть только максимальный зазор и максимальный натяг (минимальный зазор и минимальный натяг отсутствуют). Образование среднего зазора S_m или среднего натяга N_m зависит от того, что больше – «средний» вал d_m (em) или «среднее» отверстие D_m (EM), что и определяет выбор подходящей формулы. Переходные посадки характеризуют максимальным S_{max} зазором, максимальным N_{max} натягом и средним зазором S_m или средним натягом N_m .

Примеры расчетов трех посадок в системе отверстия и трех посадок в системе вала приведены ниже.

Посадка с зазором $\text{Ø}160\text{H}7/\text{с}8$ в системе отверстия (см. рисунки 1.1 и 1.2).

Параметры основного отверстия $\text{Ø}160\text{H}7$ рассчитывают по формулам (1.5), (1.6), (1.7), (1.8) (таблица 1.1):

$$D_{max} = D + ES = 160 + (+0.040) = 160.040;$$

$$D_{min} = D + EI = 160 + 0 = 160;$$

$$D_m = (D_{max} + D_{min})/2 = (160.040 + 160)/2 = 160.020;$$

$$EM = (ES + EI)/2 = (+40 + 0)/2 = +20 \text{ мкм} = +0.020 \text{ мм};$$

$$D_m = D + EM = 160 + (+0.020) = 160.020;$$

$$T_D = D_{max} - D_{min} = 160.040 - 160 = 0.040;$$

$$T_D = ES - EI = (+40) - 0 = 40 \text{ мкм} = 0.040 \text{ мм}.$$

Параметры вала $\varnothing 160\text{с}8$ определяют по формулам (1.9), (1.10), (1.11), (1.12):

$$d_{max} = d + es = 160 + (-0.210) = 159.790;$$

$$d_{min} = d + ei = 160 + (-0.273) = 159.727;$$

$$d_m = (d_{max} + d_{min})/2 = (159.790 + 159.727) / 2 = 159.7585;$$

$$em = (es + ei)/2 = ((-210) + (-273))/2 = -241.5 \text{ мкм} = -0.2415 \text{ мм};$$

$$d_m = d + em = 160 + (-0.2415) = 159.7585;$$

$$T_d = d_{max} - d_{min} = 159.790 - 159.727 = 0.063;$$

$$T_d = es - ei = (-210) - (-273) = 63 \text{ мкм} = 0.063 \text{ мм}.$$

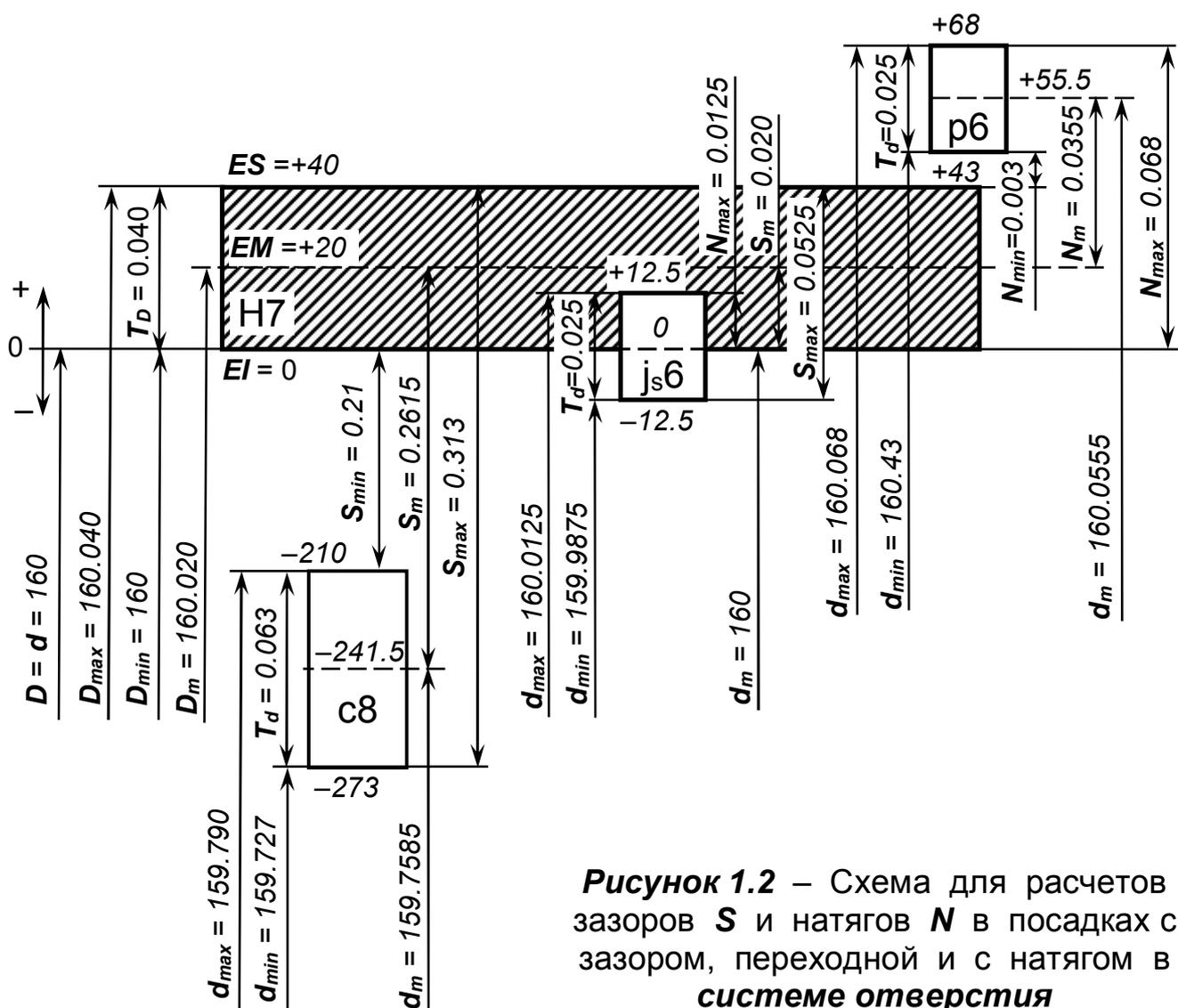


Рисунок 1.2 – Схема для расчетов зазоров S и натягов N в посадках с зазором, переходной и с натягом в системе отверстия

Таблица 1.1 – Результаты расчетов для посадок в системе отверстия H7 и системе вала h6

Система отверстия					Система вала				
Основное отверстие H7 ($EI = 0$)					Основной вал h6 ($es = 0$)				
D , мм	D_{max} , мм	D_m , мм	D_{min} , мм	T_D , мм	d , мм	d_{max} , мм	d_m , мм	d_{min} , мм	T_d , мм
160	160.040	160.020	160	0.040	160	160	159.9875	159.975	0.025
Посадки		с зазором	переходная	с натягом	Посадки		с зазором	переходная	с натягом
Валы		c8	js6	p6	Отверстия		F8	N7	S7
d	max	159.790	160.0125	160.068	D	max	160.106	159.988	159.915
	mean	159.7585	160.000	160.0555		mean	160.0745	159.968	159.895
	min	159.727	159.9875	160.043		min	160.043	159.948	159.875
+S -N	max	+0.313	+0.0525 -0.0125	-0.068	+S -N	max	+0.131	+0.013 -0.052	-0.125
	mean	+0.2615	+0.020	-0.0355		mean	+0.087	-0.0195	-0.0925
	min	+0.210	—	-0.003		min	+0.043	—	-0.060
T_d , мм		0.063	0.025	0.025	T_D , мм		0.063	0.040	0.040
$T_{\Sigma} = T_D + T_d$		0.103	0.065	0.065	$T_{\Sigma} = T_D + T_d$		0.088	0.065	0.065

Параметры посадки с зазором $\varnothing 160H7/c8$ (см. рисунок 1.2 и таблицу 1.1) рассчитывают по формулам (1.13), (1.14) и (1.17):

$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 160.040 - 159.727 = 0.313$ (с присвоением знака “+” для зазоров – см. таблицу 1.1);

$$S_{max} = ES - ei = (+40) - (-273) = 313 \text{ мкм} = 0.313 \text{ мм};$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 160 - 159.790 = 0.210 \text{ (с присвоением знака “+”);}$$

$$S_{min} = EI - es = 0 - (-210) = 210 \text{ мкм} = 0.210 \text{ мм};$$

$$S_m = D_m - d_m = 160.020 - 159.7585 = 0.2615 \text{ (с присвоением знака “+”);}$$

$$S_m = EM - em = (+20) - (-241.5) = 261.5 \text{ мкм} = 0.2615 \text{ мм};$$

$$T_{\Sigma} = T_D + T_d = 0.040 + 0.063 = 0.103.$$

Пример расчетов для посадки с натягом $\varnothing 160H7/p6$ (см. рисунки 1.1 и 1.2, таблицу 1.1).

Параметры основного отверстия $\varnothing 160H7$ рассчитаны в предыдущем примере по формулам (1.5), (1.6), (1.7), (1.8) и приведены на рисунке 1.2 и в таблице 1.1.

Параметры вала $\varnothing 160p6$ рассчитывают по формулам (1.9), (1.10), (1.11), (1.12):

$$d_{max} = d + es = 160 + (+0.068) = 160.068;$$

$$d_{min} = d + ei = 160 + (+0.043) = 160.043;$$

$$d_m = (d_{max} + d_{min})/2 = (160.068 + 160.043) / 2 = 160.0555;$$

$$em = (es + ei)/2 = ((+68) + (+43))/2 = +55.5 \text{ мкм} = +0.0555 \text{ мм};$$

$$d_m = d + em = 160 + (+0.0555) = 160.0555;$$

$$T_d = d_{max} - d_{min} = 160.068 - 160.043 = 0.025;$$

$$T_d = es - ei = (+68) - (+43) = 25 \text{ мкм} = 0.025 \text{ мм}.$$

Параметры посадки с натягом $\text{Ø}160\text{H}7/\text{p}6$ рассчитывают по формулам (1.15), (1.16) и (1.17) (см. рисунок 1.2 и таблицу 1.1):

$N_{max} = d_{max} - D_{min} = 160.068 - 160 = 0.068$ (с присвоением знака “–” для натягов – см. таблицу 1.1);

$$N_{max} = es - EI = (+68) - 0 = 68 \text{ мкм} = 0.068 \text{ мм};$$

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = 160.043 - 160.040 = 0.003 \text{ (с присвоением знака “–”)};$$

$$N_{min} = ei - ES = +43 - (+40) = 3 \text{ мкм} = 0.003 \text{ мм};$$

$$N_m = d_m - D_m = 160.0555 - 160.020 = 0.0355 \text{ (с присвоением знака “–”)};$$

$$N_m = em - EM = (+55.5) - (+20) = 35.5 \text{ мкм} = 0.0355 \text{ мм};$$

$$T_{\Sigma} = T_D + T_d = 0.040 + 0.025 = 0.065.$$

Пример расчетов для переходной посадки $\text{Ø}160\text{H}7/\text{j}_s6$ (см. рисунок 1.2 и таблицу 1.1).

Параметры основного отверстия $\text{Ø}160\text{H}7$ рассчитаны в предыдущем примере по формулам (1.5), (1.6), (1.7), (1.8) и приведены на рисунке 1.2 и в таблице 1.1.

Параметры вала $\text{Ø}160\text{j}_s6$ рассчитывают по формулам (1.9), (1.10), (1.11), (1.12) и (1.17):

$$d_{max} = d + es = 160 + (+0.0125) = 160.0125;$$

$$d_{min} = d + ei = 160 + (-0.0125) = 159.9875;$$

$$d_m = (d_{max} + d_{min})/2 = (160.0125 + 159.9875) / 2 = 160.0;$$

$$em = (es + ei)/2 = ((+12.5) + (-12.5))/2 = 0;$$

$$d_m = d + em = 160 + 0 = 160.0;$$

$$T_d = d_{max} - d_{min} = 160.0125 - 159.9875 = 0.025;$$

$$T_d = es - ei = (+12.5) - (-12.5) = 25 \text{ мкм} = 0.025 \text{ мм}.$$

Параметры переходной посадки $\text{Ø}160\text{j}_s6$ рассчитывают по формулам (1.15), (1.13) и (1.14) (см. рисунок 1.2 и таблицу 1.1):

$N_{max} = d_{max} - D_{min} = 160.0125 - 160 = 0.0125$ (с присвоением знака “–” для натягов – см. таблицу 1.1);

$$N_{max} = es - EI = (+12.5) - 0 = 12.5 \text{ мкм} = 0.0125 \text{ мм};$$

$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 160.040 - 159.9875 = 0.0525$ (с присвоением знака “+” для зазоров – см. таблицу 1.1);

$$S_{max} = ES - ei = (+40) - (-12.5) = 52.5 \text{ мкм} = 0.0525 \text{ мм}.$$

Здесь формула (1.14) для среднего зазора S_m выбрана потому, что отверстие среднего диаметра больше, чем вал среднего диаметра $D_m > d_m$, что соответствует $EM > em$:

$$S_m = D_m - d_m = 160,020 - 160,0 = 0,020 \text{ (с присвоением знака "+");}$$

$$S_m = EM - em = (+20) - 0 = 20 \text{ мкм} = 0,020 \text{ мм};$$

$$T_\Sigma = T_D + T_d = 0,040 + 0,025 = 0,065.$$

Расчеты параметров посадок в системе вала выполняют по тем же формулам (1.5)–(1.17), что и в системе отверстия. Единственное отличие состоит в том, что параметры основного вала (например, $\varnothing 160h6$) рассчитывают один раз для всех отверстий в соответствующих посадках (см. рисунок 1.3 и таблицу 1.1).



Рисунок 1.3 – Схема для расчетов зазоров S и натягов N в посадках с зазором, переходной и с натягом в *системе вала*

1.5. Начертить эскизы отверстия, вала и гладкой посадки отверстия и вала (рисунок 1.4). Указать различные формы записи **конструкторских размеров** деталей (отверстия и вала) в соответствии с индивидуальным заданием: 1) с указанием поля допуска ($\text{Ø}160\text{H}7$, $\text{Ø}160\text{k}6$); 2) с предельными отклонениями ($\text{Ø}160^{+0.04}$, $\text{Ø}160^{+0.028}_{+0.003}$); 3) в комбинированной форме – с полем допуска и предельными отклонениями ($\text{Ø}160\text{H}7^{(+0.04)}$, $\text{Ø}160\text{k}6^{(+0.028}_{+0.003})}$) (см. рисунок 1.4, а, б, г, д).

Также указать **исполнительные (технологические) размеры** для отверстия и вала (допуск расположен в “теле детали”): для отверстий $D = D_{\min} + T_D$ ($\text{Ø}160^{+0.04}$ и $\text{Ø}160,043^{+0.063}$ на рисунке 1.4, а и 1.4, г соответственно) и для валов $d = d_{\max} - T_d$ ($\text{Ø}160,028_{-0.025}$ и $\text{Ø}160_{-0.025}$ на рисунке 1.4, б и 1.4, д соответственно).

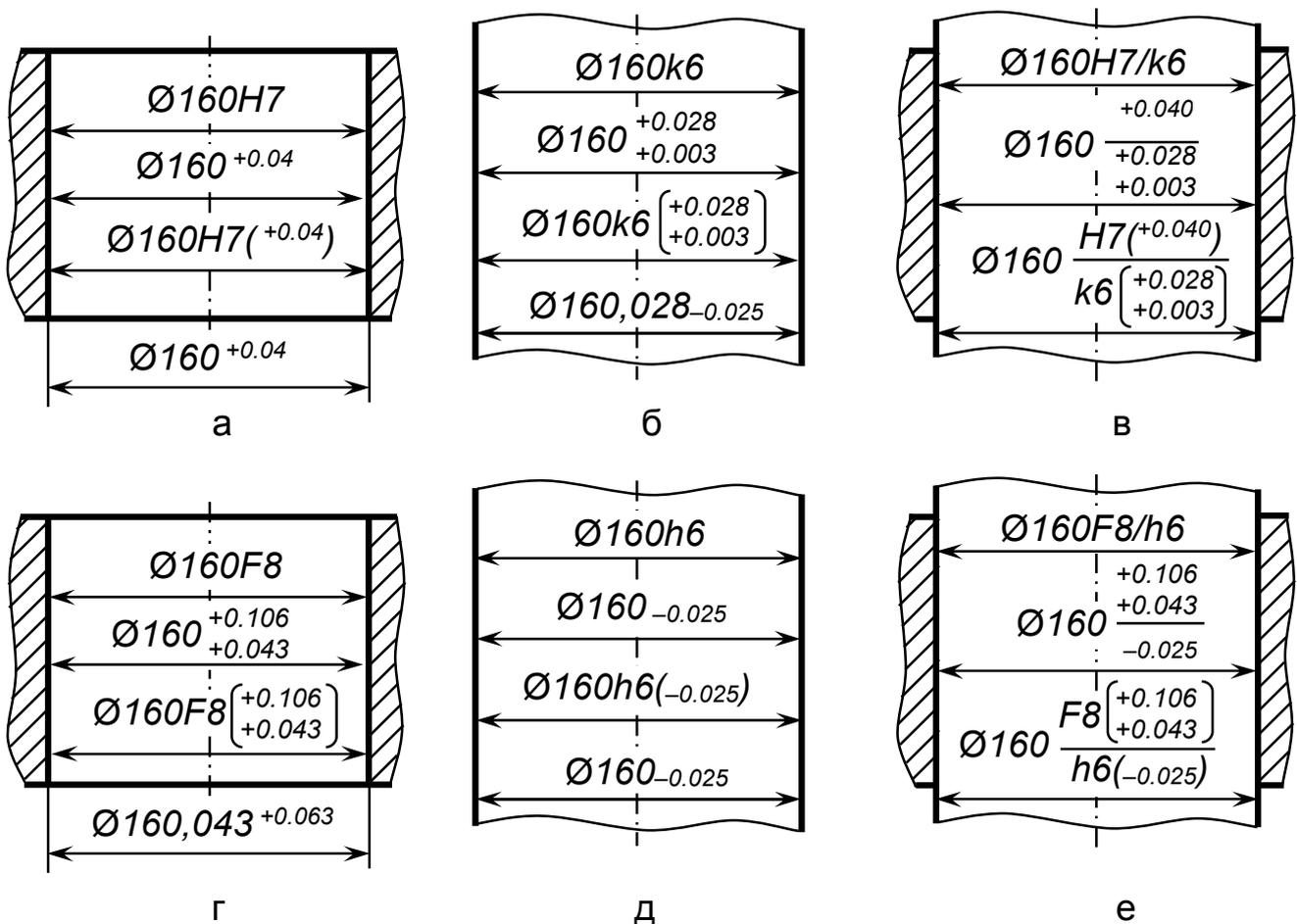


Рисунок 1.4 – Указание размеров на чертежах и операционных эскизах для отверстий (а, г), валов (б, д) и сборочного узла (в, е) в системе отверстия и в системе вала

С этой целью следует рассчитать необходимые параметры:

- минимальный диаметр отверстия $D_{min} = D + EI$; например, $D_{min} = 160 + 0 = 160$ (см. рисунок 1.4, а) и $D_{min} = 160 + (+0,043) = 160,043$ (см. рисунок 1.4, г);

- допуск диаметра отверстия $T_D = ES - EI$; например, $T_D = (+0,040) - 0 = 0,040$ (см. рисунок 1.4, а) и $T_D = (+0,106) - (+0,043) = 0,063$ (см. рисунок 1.4, г);

- максимальный диаметр вала $d_{max} = d + es$; например, $d_{max} = 160 + (+0,028) = 160,028$ (см. рисунок 1.4, б) и $d_{max} = 160 + 0 = 160$ (см. рисунок 1.4, д);

- допуск диаметра вала $T_d = es - ei$; например, $T_d = (+0,028) - (+0,003) = 0,025$ (см. рисунок 1.4, б) и $T_d = 0 - (-0,025) = 0,025$ (см. рисунок 1.4, д).

Указать три формы записи **конструкторских размеров посадки** аналогичным образом в соединении отверстия и вала (см. рисунок 1.4, в и 1.4, е).

2 ГЛАДКИЕ КАЛИБРЫ (лист 2)

Цель выполнения этого задания – закрепление знаний и приобретение компетенций в области гладких калибров, выполнения расчетов размеров калибров по заданным размерам и точности деталей, определения исполнительных размеров калибров, необходимых при их изготовлении.

Принцип подобия является основой для *контроля* деталей с помощью *калибров*. В соответствии с этим принципом калибр должен имитировать ту деталь, которая находится в контакте с контролируемой деталью. Поэтому деталь «отверстие» контролируют валом (пробкой), а деталь «вал» – отверстием (кольцевым калибром или скобой).

Максимальный предельный размер вала d_{max} и минимальный предельный размер отверстия D_{min} контролируют *проходными калибрами* (ПР). Эти предельные размеры называют *пределами максимума материала* деталей – они соответствуют максимальному объему (массе) деталей.

Минимальный предельный размер вала d_{min} и максимальный предельный размер отверстия D_{max} контролируют *непроходными калибрами* (НЕ-ПР). Соответственно эти предельные размеры называют *пределами минимума материала* деталей – при таких размерах детали будут иметь минимальный объем (массу).

Гладкие калибры являются деталями высокой точности (квалитетов точности 1–5), которые изготавливают по требованиям ГОСТ 24853-81 (см. приложение 3).

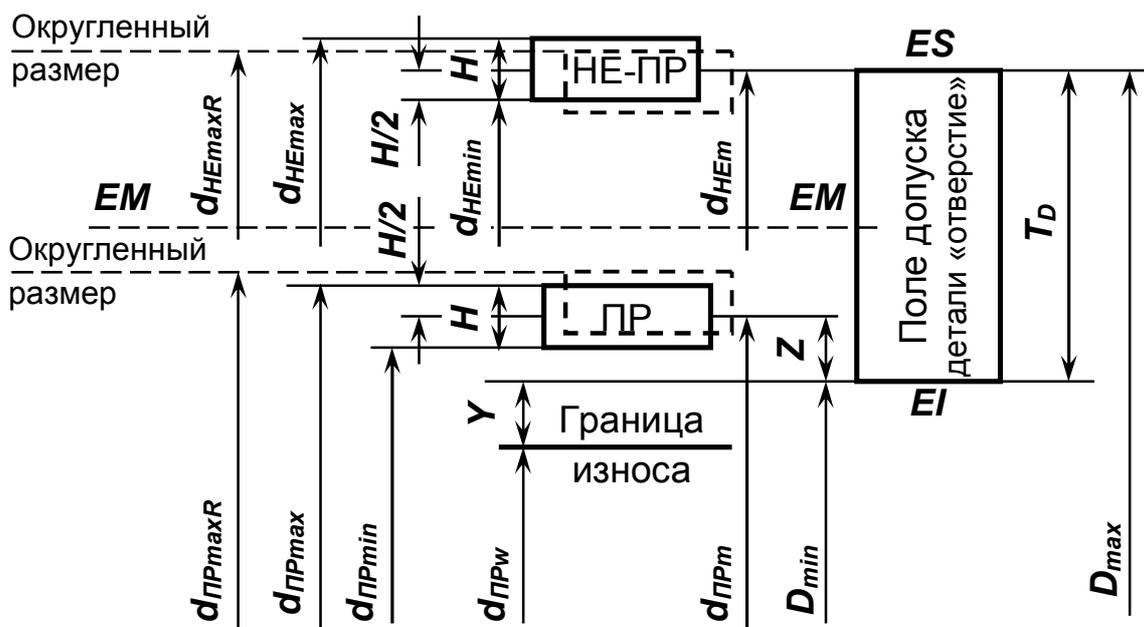


Рисунок 2.1 – Схема для расчета размеров рабочих калибров-пробок для контроля деталей «отверстие»

Стандарт устанавливает допуски на размеры *рабочих* и *контрольных* калибров: H – для калибров-пробок, H_1 – для калибров-скоб, H_P – для контрольных калибров-пробок (рисунки 2.1 и 2.2). Для обеспечения длительного срока службы номинальные размеры рабочих проходных калибров



Рисунок 2.2 – Схема для расчетов размеров рабочих калибров скоб и колец для контроля деталей «вал» и контрольных калибров-пробок для контроля рабочих калибров

смещены на величину Z (для новых пробок) и величину Z_1 (для новых скоб) в зависимости от точности и номинальных размеров деталей «отверстие» и «вал». Соответственно установлены *границы износа* y для калибров-пробок и y_1 – для калибров-скоб.

Стандарт устанавливает конструкторские размеры в виде номинального среднего размера и симметричных предельных отклонений: для рабочих калибров-пробок $d_{п} = d_{пм} \pm \frac{H}{2}$; для рабочих калибров-скоб $D_c = D_{см} \pm \frac{H_1}{2}$; для контрольных калибров-пробок $d_k = d_{км} \pm \frac{H_p}{2}$ (см. приложение 3, таблицу П.3.1).

Исполнительные (технологические) размеры для изготовления калибров округляют в соответствии со следующими правилами:

1. Размеры рабочих калибров округляют до величин, кратных 0,5 мкм (0,005 мм) – *четвертая цифра после десятичной запятой должна быть 5 или 0.*

2. Размеры рабочих калибров округляют таким образом, чтобы округленные размеры смещались внутрь допуска на деталь, по направлению к среднему отклонению EM (или em) поля допуска детали – см. рисунки 2.1 и 2.2 (округленные размеры показаны с индексом R – *rounded-off*).

3. В технологической документации исполнительные размеры указывают с допуском, расположенным в «теле» калибра: для пробок $d = d_{max}^0_{-T_d}$ (основной вал h , $es = 0$), а для скоб $D = D_{min}^{+T_D}_0$ (основное отверстие H , $EI = 0$).

Размеры **рабочих калибров-пробок** рассчитывают по формулам, составленным по схеме на рисунке 2.1 (см. также приложение 3, таблицу П.3.1).

Размеры калибра-пробки ПР:

$$\text{- средний (номинальный) } d_{пРм} = D_{min} + Z; \quad (2.1)$$

$$\text{- максимальный предельный } d_{пРmax} = d_{пРм} + H/2; \quad (2.2)$$

$$\text{- минимальный предельный } d_{пРmin} = d_{пРм} - H/2; \quad (2.3)$$

$$\text{- по границе износа } d_{пРw} = D_{min} - Y. \quad (2.4)$$

Размеры калибра-пробки НЕ-ПР:

$$\text{- средний (номинальный) } d_{HEм} = D_{max}; \quad (2.5)$$

$$\text{- максимальный предельный } d_{HEmax} = d_{HEм} + H/2; \quad (2.6)$$

$$\text{- минимальный предельный } d_{HEmin} = d_{HEм} - H/2. \quad (2.7)$$

Исполнительные (технологические) **размеры рабочего калибра-пробки** округляют (показаны пунктирными линиями на рисунке 2.1) по приведенным выше правилам и указывают на эскизе в форме записи размера основного вала ($es = 0$):

$$\text{- калибр-пробка ПР новый } d_{ПР} = d_{iD \max R}^0_{-H}; \quad (2.8)$$

$$\text{- калибр-пробка НЕ-ПР } d_{НЕ} = d_{iA \max R}^0_{-H}. \quad (2.9)$$

Также ГОСТ 24853-81 устанавливает параметры рабочих калибров (скоб и колец) для контроля деталей «вал» и контрольных калибров-пробок для проверки рабочих калибров (см. рисунок 2.2)

Размеры **рабочих калибров-скоб** рассчитывают по формулам, составленным по расчетной схеме, представленной на рисунке 2.2 (см. также приложение 3, таблицу П.3.1).

Размеры калибра ПР:

$$\text{- средний (номинальный) } D_{ПРm} = d_{max} - Z_1; \quad (2.10)$$

$$\text{- максимальный предельный } D_{ПРmax} = D_{ПРm} + H_1/2; \quad (2.11)$$

$$\text{- минимальный предельный } D_{ПРmin} = D_{ПРm} - H_1/2; \quad (2.12)$$

$$\text{- по границе износа } D_{ПРw} = d_{max} + Y_1. \quad (2.13)$$

Размеры калибра НЕ-ПР:

$$\text{- средний (номинальный) } D_{НЕm} = d_{min}; \quad (2.14)$$

$$\text{- максимальный предельный } D_{НЕmax} = D_{НЕm} + H_1/2; \quad (2.15)$$

$$\text{- минимальный предельный } D_{НЕmin} = D_{НЕm} - H_1/2. \quad (2.16)$$

Исполнительные (технологические) **размеры калибра-скобы** округляют (показаны пунктирными линиями на рисунке 2.2) по приведенным выше правилам и указывают на эскизе в форме записи размера основного отверстия ($EI = 0$):

$$\text{- калибр-скоба ПР новый } D_{ПР} = D_{iD \min R}^{+H_1}_0; \quad (2.17)$$

$$\text{- калибр-скоба НЕ-ПР } D_{НЕ} = D_{iA \min R}^{+H_1}_0. \quad (2.18)$$

Размеры **контрольных калибров-пробок** рассчитывают по формулам, составленным по рисунку 2.2 (см. также приложение 3, таблицу П.3.1).

Размеры контрольного калибра К-ПР:

$$\text{- средний (номинальный) } d_{К-ПРm} = D_{ПРm}; \quad (2.19)$$

$$\text{- максимальный предельный } d_{К-ПРmax} = d_{К-ПРm} + H_p/2; \quad (2.20)$$

$$\text{- минимальный предельный } d_{К-ПРmin} = d_{К-ПРm} - H_p/2. \quad (2.21)$$

Размеры контрольного калибра К-И (износа рабочего калибра ПР):

$$\text{- средний (номинальный) } d_{К-Иm} = D_{ПРw}; \quad (2.22)$$

$$- \text{максимальный предельный } d_{K-Иmax} = d_{K-Им} + H_P/2; \quad (2.23)$$

$$- \text{минимальный предельный } d_{K-Иmin} = d_{K-Им} - H_P/2. \quad (2.24)$$

Размеры контрольного калибра К-НЕ:

$$- \text{средний (номинальный) } d_{K-HEм} = D_{HEм} = d_{min}; \quad (2.25)$$

$$- \text{максимальный предельный } d_{K-HEmax} = d_{K-HEм} + H_P/2; \quad (2.26)$$

$$- \text{минимальный предельный } d_{K-HEmin} = d_{K-HEм} - H_P/2. \quad (2.27)$$

Исполнительные (технологические) **размеры контрольного калибра-пробки** округляют (показаны пунктирными линиями на рисунке 2.2) по приведенным выше правилам и указывают на эскизе в форме записи размера основного вала ($es = 0$):

$$- \text{контрольного калибра К-ПР } d_{K-ПР} = d_{\hat{E}-\hat{ID}} \max R \begin{matrix} 0 \\ -H_P \end{matrix}; \quad (2.28)$$

$$- \text{контрольного калибра К-И } d_{K-И} = d_{\hat{E}-\hat{E}} \max R \begin{matrix} 0 \\ -H_P \end{matrix}; \quad (2.29)$$

$$- \text{контрольного калибра К-НЕ } d_{K-HE} = d_{\hat{E}-\hat{IA}} \max R \begin{matrix} 0 \\ -H_P \end{matrix}. \quad (2.30)$$

2.1 Начертить схему расположения полей допусков деталей (отверстия и вала) и гладких калибров в соответствии с индивидуальным вариантом задания. Использовать ГОСТ 24853-81 (см. приложение 3) для того, чтобы начертить поля допусков калибров и рассчитать их предельные отклонения (для примера см. рисунок 2.3).

Для построения схемы из стандарта следует выбрать числовые значения параметров полей допусков калибров: H ; Z ; Y ; H_1 ; Z_1 ; Y_1 ; H_P (см. приложение 3, таблицу П.3.2). Записать эти величины на схеме и в таблице на листе 2 (таблица 2.1).

Характерно, что в стандарте ГОСТ 24853-81 и на схеме предельные отклонения полей допусков деталей, параметры полей допусков калибров заданы в микрометрах (мкм), а чертежные размеры нужно указывать в миллиметрах (мм). Поэтому при выполнении расчетов величины предельных отклонений и других параметров калибров из микрометров переводят в миллиметры: **1 мкм = 0,001 мм**.

2.2 Выполнить расчеты размеров калибров-пробок (для контроля отверстия), калибров-скоб (для контроля вала), контрольных калибров-пробок (для проверки рабочих калибров-скоб) и записать результаты в таблицу на листе 2 (см. таблицу 2.1). Примеры расчетов конструкторских размеров калибров для отверстия $\varnothing 160H7$ и вала $\varnothing 160k6$ и формирования исполнительных (технологических) размеров приведены ниже. Результаты представлены на рисунке 2.3 и в таблице 2.1.

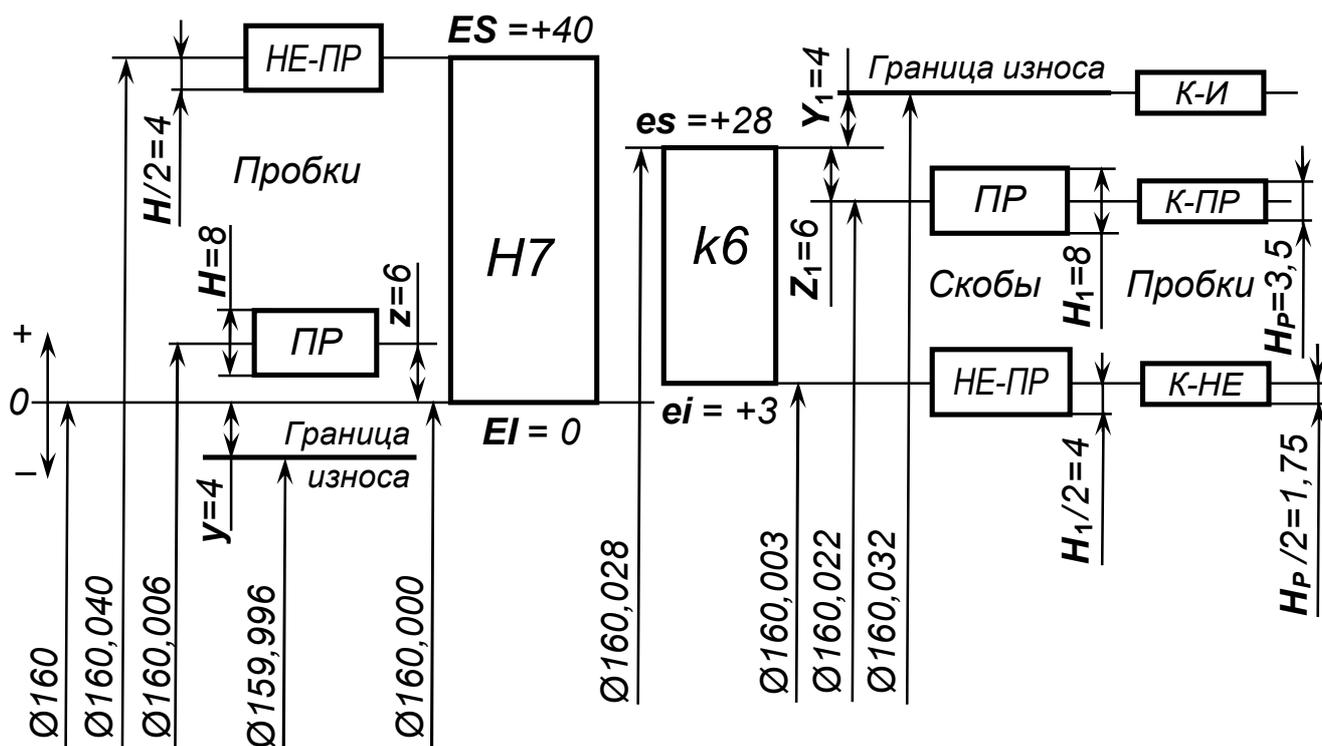


Рисунок 2.3 – Пример схемы для расчетов размеров рабочих и контрольных калибров для детали «отверстие» Ø160H7 и детали «вал» Ø160k6

Таблица 2.1 – Результаты расчетов размеров гладких калибров для отверстия Ø160H7 и вала Ø160k6

Наименование калибра		Z Z ₁	H H ₁ H _п	Y Y ₁	Размеры калибров		
					предельные		исполнительные (округленные)
					максимальные	минимальные	
для отверстия	ПР новый	6	8	–	160,010	160,002	160,010 _{-0,008}
	ПР изношенный	–	–	4	–	159,996	–
	НЕ-ПР	–	8	–	160,044	160,036	160,044 _{-0,008}
для вала	ПР новый	6	8	–	160,026	160,018	160,018 ^{+0,008}
	ПР изношенный	–	–	4	160,032	–	–
	НЕ-ПР	–	8	–	160,007	159,999	159,999 ^{+0,008}
	К-ПР	6	3,5	–	160,02375	160,02025	160,0235 _{-0,0035}
	К-И	–	3,5	4	160,03375	160,03025	160,0335 _{-0,0035}
	К-НЕ	–	3,5	–	160,00475	160,00125	160,0050 _{-0,0035}

Пример расчетов размеров **рабочих калибров-пробок** для контроля детали «отверстие» Ø160H7 по формулам (2.1)–(2.9):

– проходного калибра-пробки ПР:

- средний (номинальный) $d_{ПРm} = D_{min} + Z = 160 + 0.006 = 160.006$;

- максимальный $d_{ПРmax} = d_{ПРm} + H/2 = 160.006 + 0.004 = 160.010$;

- минимальный $d_{ПРmin} = d_{ПРm} - H/2 = 160.006 - 0.004 = 160.002$;

- по границе износа $d_{ПРw} = D_{min} - Y = 160 - 0.004 = 159.996$;

– непроходного калибра-пробки НЕ-ПР:

- средний (номинальный) $d_{НЕm} = D_{max} = 160.040$;

- максимальный $d_{НЕmax} = d_{НЕm} + H/2 = 160.040 + 0.004 = 160.044$;

- минимальный $d_{НЕmin} = d_{НЕm} - H/2 = 160.040 - 0.004 = 160.036$;

– исполнительные (технологические) размеры рабочих калибров-пробок (нет необходимости в округлении):

- калибр-пробка ПР новый $d_{ПР} = d_{ПРmax} R_{-H}^0 = 160.010_{-0.008}$;

- калибр-пробка НЕ-ПР $d_{НЕ} = d_{НЕmax} R_{-H}^0 = 160.044_{-0.008}$.

Пример расчетов размеров **рабочих калибров-скоб** для контроля детали «вал» Ø160k6 по формулам (2.10)–(2.18):

– проходного калибра-скобы ПР:

- средний (номинальный) $D_{ПРm} = d_{max} - Z_1 = 160.028 - 0.006 = 160.022$;

- максимальный $D_{ПРmax} = D_{ПРm} + H_1/2 = 160.022 + 0.004 = 160.026$;

- минимальный $D_{ПРmin} = D_{ПРm} - H_1/2 = 160.022 - 0.004 = 160.018$;

- по границе износа $D_{ПРw} = d_{max} + Y_1 = 160.028 + 0.004 = 160.032$;

– непроходного калибра-скобы НЕ-ПР:

- средний (номинальный) $D_{НЕm} = d_{min} = 160.003$;

- максимальный $D_{НЕmax} = D_{НЕm} + H_1/2 = 160.003 + 0.004 = 160.007$;

- минимальный $D_{НЕmin} = D_{НЕm} - H_1/2 = 160.003 - 0.004 = 159.999$;

– исполнительные (технологические) размеры рабочих калибров-скоб (нет необходимости в округлении):

- калибр-скоба ПР новый $D_{ПР} = D_{ПРmin} \begin{matrix} +H_1 \\ 0 \end{matrix} = 160.018^{+0.008}$;

- калибр-скоба НЕ-ПР $D_{НЕ} = D_{НЕmin} \begin{matrix} +H_1 \\ 0 \end{matrix} = 159.999^{+0.008}$.

Пример расчетов размеров **контрольных калибров-пробок** для контроля рабочих калибров-скоб по формулам (2.19)–(2.30):

– контрольного калибра-пробки К-ПР:

- средний (номинальный) $d_{К-ПРm} = D_{ПРm} = 160.022$;

- максимальный $d_{К-ПРmax} = d_{К-ПРm} + H_P/2 = 160.022 + 0.00175 = 160.02375$;

- минимальный $d_{К-ПРmin} = d_{К-ПРm} - H_P/2 = 160.022 - 0.00175 = 160.02025$;

- контрольного калибра-пробки К-И:
- средний (номинальный) $d_{К-Им} = D_{ПРw} = 160.032$;
- максимальный $d_{К-Иmax} = d_{К-Им} + H_P/2 = 160.032 + 0.00175 = 160.03375$;
- минимальный $d_{К-Иmin} = d_{К-Им} - H_P/2 = 160.032 - 0.00175 = 160.03025$;
- контрольного калибра-пробки К-НЕ:
- средний (номинальный) $d_{К-НЕм} = D_{НЕм} = d_{min} = 160.003$;
- максимальный $d_{К-НЕmax} = d_{К-НЕм} + H_P/2 = 160.003 + 0.00175 = 160.00475$;
- минимальный $d_{К-НЕmin} = d_{К-НЕм} - H_P/2 = 160.003 - 0.00175 = 160.00125$;
- исполнительные (технологические) размеры контрольных калибров-пробок, округленные по вышеприведенным правилам (см. также рисунок 2.2):

- контрольный калибр К-ПР $d_{К-ПР} = d_{К-ПР max} R_{-H_P}^0 = 160.0235_{-0.0035}^0$;
- контрольный калибр К-И $d_{К-И} = d_{К-И max} R_{-H_P}^0 = 160.0335_{-0.0035}^0$;
- контрольный калибр К-НЕ $d_{К-НЕ} = d_{К-НЕ max} R_{-H_P}^0 = 160.0050_{-0.0035}^0$.

2.3. Начертить эскизы калибров – пробок и скобы. Указать на них обозначения контролируемых деталей и предельные отклонения по проходному и непроходному пределам (для примера см. рисунки 2.4 и 2.5). Поставить исполнительные размеры на эскизах. Выбрать в соответствии с рекомендациями значения допусков формы и расположения рабочих поверхностей калибров и шероховатость (см. приложение 4, таблицы П.4.1 и П.4.2) и указать их на эскизах.

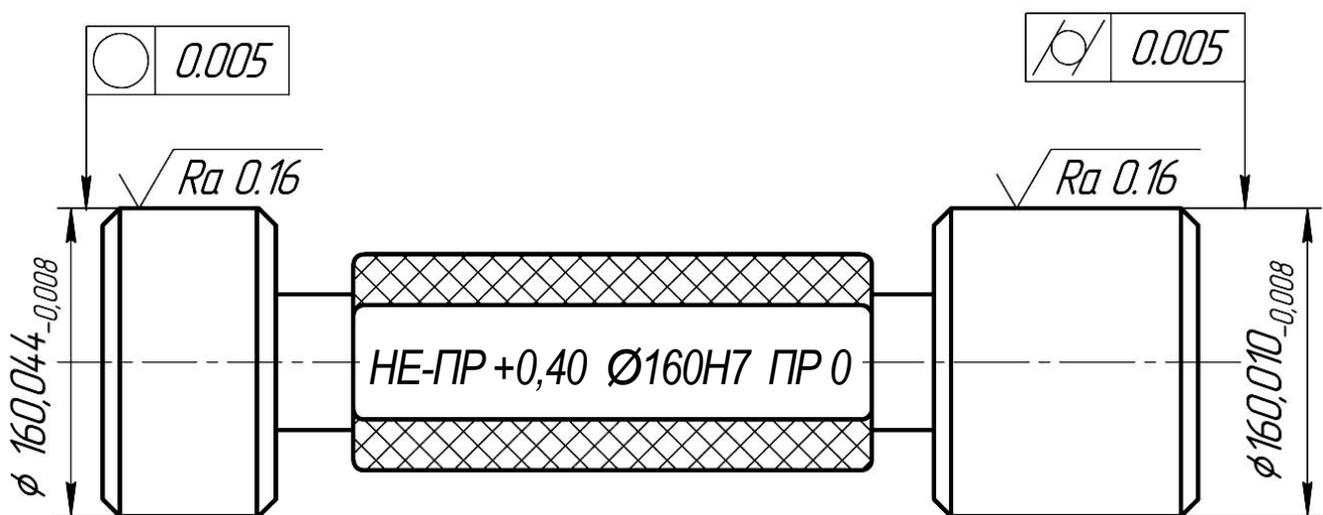


Рисунок 2.4 – Пример выполнения эскиза двустороннего двухпредельного калибра-пробки для контроля детали «отверстие» Ø160H7

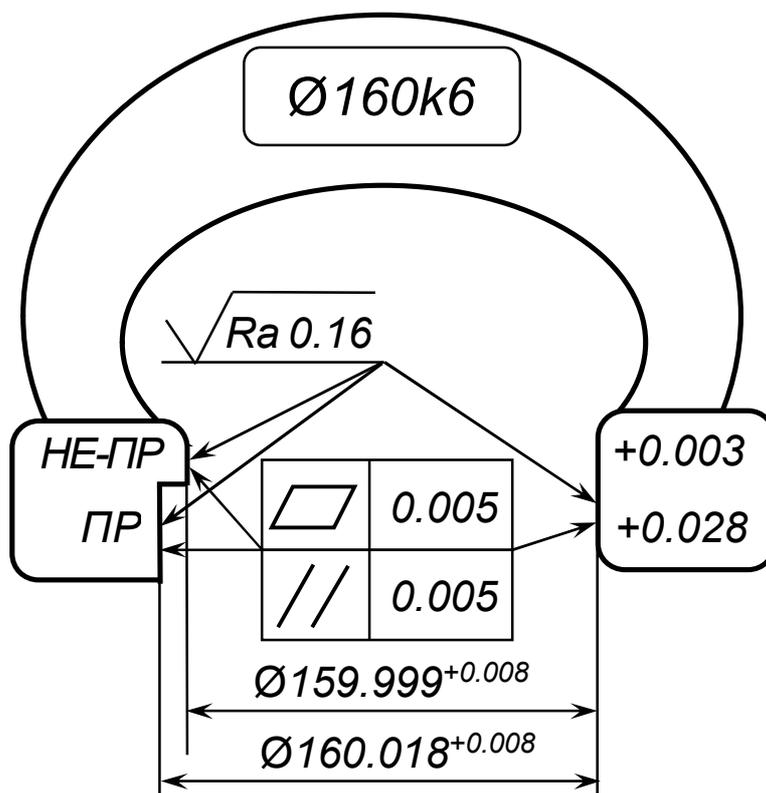


Рисунок 2.5 – Пример выполнения эскиза одностороннего двухпредельного калибра-скобы для контроля детали «вал» Ø160k6

3 АНАЛИЗ ГЛАДКОЙ ПОСАДКИ (лист 3)

Целью выполнения этого задания является закрепление навыков использования нормального закона распределения случайных величин (формулы Гаусса) для определения вероятности зазоров и натягов в посадке гладкого вала и отверстия.

3.1 Записать исходные данные в левом верхнем углу листа (пример см. на рисунке 3.1): номинальный размер с полями допусков деталей в посадке; количество сборок n ; допущение, что доверительный интервал $\omega = 6\sigma$; $P_\alpha = 0,9973$ – вероятность события для доверительного интервала; $P_\beta = 0,27\%$ – риск брака. Для разных вариантов задания исходные данные отличаются только обозначением посадки.

3.2 Начертить схему расположения полей допусков отверстия и вала в произвольном масштабе, но с соблюдением пропорций и в соответствии с посадкой, указанной в индивидуальном задании. Рассчитать максимальные и минимальные зазоры и/или натяги с помощью формул, соответствующих заданному виду посадки (с зазором, переходная, с натягом):

$$S_{max} = ES - ei; \quad S_{min} = EI - es; \quad (3.1)$$

$$N_{max} = es - EI; \quad N_{min} = ei - ES; \quad (3.2)$$

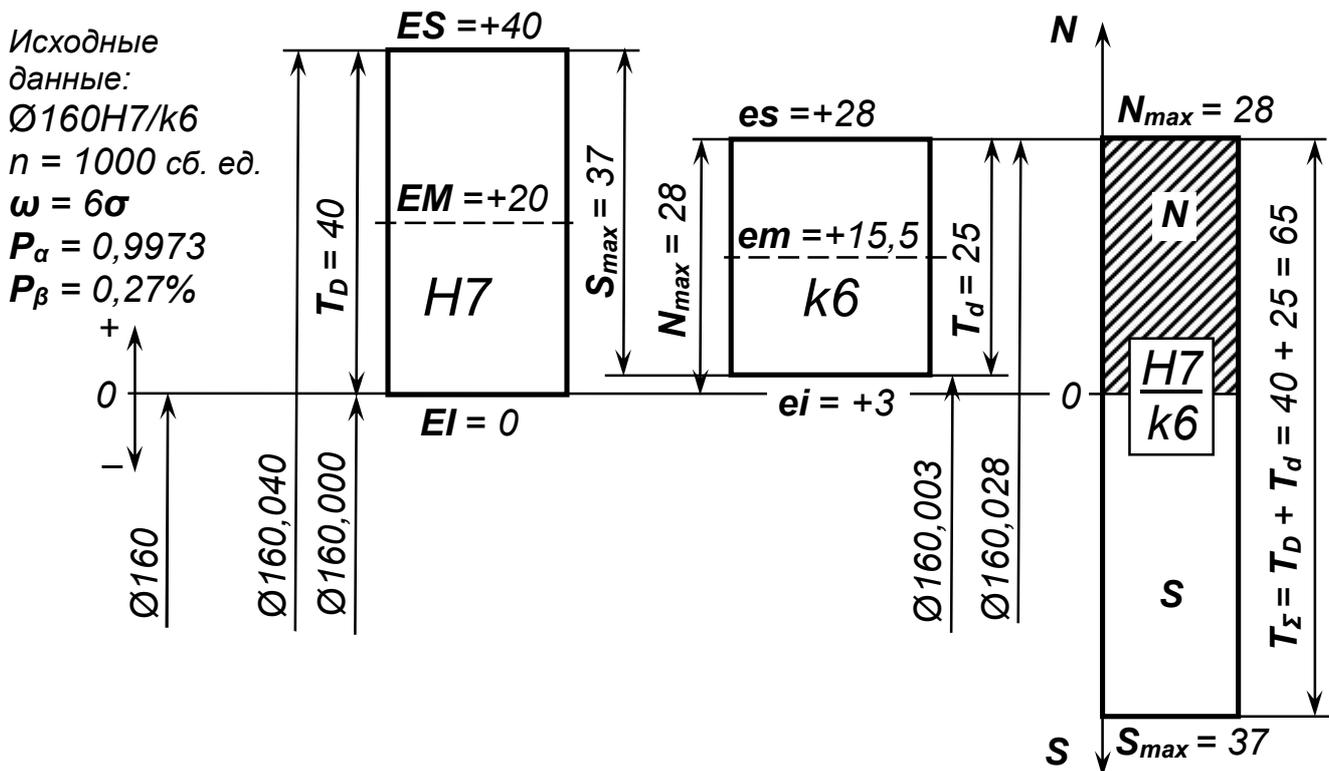


Рисунок 3.1 – Пример выполнения схемы расположения полей допусков отверстия, вала, посадки и обозначения их параметров для переходной посадки $\varnothing 160H7/k6$: сб. ед. – сборочная единица

В рассматриваемом примере для переходной посадки

$$S_{max} = ES - ei = (+40) - (+3) = 37 \text{ мкм};$$

$$N_{max} = es - EI = +28 - 0 = 28 \text{ мкм}.$$

Показать рассчитанные величины на схеме (см. рисунок 3.1). Также обозначить на схеме середины полей допусков (средние отклонения) с указанием значений, рассчитанных по формулам

$$EM = \frac{ES + EI}{2}, \quad em = \frac{es + ei}{2}. \quad (3.3)$$

В рассматриваемом примере

$$EM = \frac{(+40) + 0}{2} = +20 \text{ мкм}; \quad em = \frac{(+28) + (+3)}{2} = +15,5 \text{ мкм}.$$

3.3 Начертить схему поля допуска посадки. Оси для зазоров S и натягов N должны быть направлены в противоположные стороны (например, ось натягов – вертикально вверх, а ось зазоров – вниз, см. рисунок 3.1). Часть поля, соответствующую натягам, штрихуют, а часть поля, соответствующая зазорам, остается не заштрихованной.

3.4 Рассчитать допуски и стандартные (среднеквадратичные) от-

клонения по формулам:

– для отверстия

$$T_D = ES - EI; \quad \sigma_D = \frac{T_D}{6}; \quad (3.4)$$

– для вала

$$T_d = es - ei; \quad \sigma_d = \frac{T_d}{6}; \quad (3.5)$$

– для посадки

$$T_\Sigma = T_D + T_d; \quad \sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2}. \quad (3.6)$$

Здесь для теоретического анализа принято допущение, что для деталей допуск размера $T = 6\sigma$.

В рассматриваемом примере:

- для отверстия $T_D = (+40) - 0 = 40$ мкм; $\sigma_D = 40 / 6 \approx 6,667$ мкм;

- для вала $T_d = (+28) - (+3) = 25$ мкм; $\sigma_d = 25 / 6 \approx 4,167$ мкм;

- для посадки $T_\Sigma = T_D + T_d = 40 + 25 = 65$ мкм; $\sigma_\Sigma = \sqrt{6,667^2 + 4,167^2} \approx 7,862$ мкм.

Результаты расчетов записать в таблицу листа 3 (для примера см. таблицу 3.1).

Таблица 3.1 – Результаты расчетов для построения кривых Гаусса для отверстия, вала и посадки $\varnothing 160H7/k6$

T_D	T_d	T_Σ	σ_D		σ_d		σ_Σ
40	25	65	6,667		4,167		7,862
z	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
$t(z)$	0,3989	0,3521	0,2420	0,1295	0,0540	0,0044	0,00013
$y_D = (t / \sigma_D) \times 10^3$	59,83	52,81	36,30	19,42	8,10	0,66	–
$y_d = (t / \sigma_d) \times 10^3$	95,73	84,50	84,50	58,08	31,08	12,96	–
$y_\Sigma = (t / \sigma_\Sigma) \times 10^3$	50,74	44,79	30,78	16,47	6,87	0,56	0,02
$\Delta x = z \times \sigma_\Sigma$	0,00	3,93	7,86	11,79	15,72	23,59	31,45

3.5 Выбрать величины t нормированной функции Лапласа из таблицы $t(z)$ для аргумента z , равного 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 (приложение 5).

Рассчитать величины плотности вероятности (функции Гаусса) для отверстия y_D , вала y_d , посадки y_Σ и величины абсолютного отклонения по

формулам, соответственно:

$$y_D = \frac{t}{\sigma_D} \times 10^3; \quad y_d = \frac{t}{\sigma_d} \times 10^3; \quad y_\Sigma = \frac{t}{\sigma_\Sigma} \times 10^3; \quad \Delta x = z \times \sigma_\Sigma, \quad (3.7)$$

где 10^3 – масштабный коэффициент для построения кривых y ; t – нормальная плотность распределения.

Результаты расчетов запишите в таблицу листа 3 (см. таблицу 3.1).

3.6 Использовать эти данные для построения кривых распределения действительных размеров отверстия и вала (рисунок 3.2). Удобно строить кривые функции $y(\Delta x)$ по значениям y , выраженным в миллиметрах, и значениям Δx , выраженным в единицах σ .

Из середины поля допуска (отверстия и вала) построить оси y и Δx . Поставить точки, соответствующие значениям функции $y(\Delta x)$ при аргументе $\Delta x = 0; \pm 0,5\sigma; \pm 1\sigma; \pm 1,5\sigma; \pm 2\sigma; \pm 3\sigma$ (см. таблицу 3.1). Соединить точки плавной кривой (см. рисунок 3.2).

Рассчитать величину *средневероятного* (среднего наиболее вероятного) *зазора* или *средневероятного натяга* по соответствующей формуле

$$S_m^P = EM - em \quad \text{или} \quad N_m^P = em - EM. \quad (3.8)$$

Указать рассчитанную величину на эскизе (см. рисунок 3.2).

Выбор формулы из (3.8) зависит от того, что больше – средний диаметр отверстия D_m (соответственно EM) или средний диаметр вала d_m (соответственно em).

В рассматриваемом примере (см. рисунок 3.2) «среднее» отверстие больше, чем «средний» вал ($EM > em$), поэтому средневероятная посадка будет с зазором. Из формул (3.8) выбираем S_m^P и выполняем расчет:

$$S_m^P = EM - em = (+20) - (+15,5) = 4,5 \text{ мкм.}$$

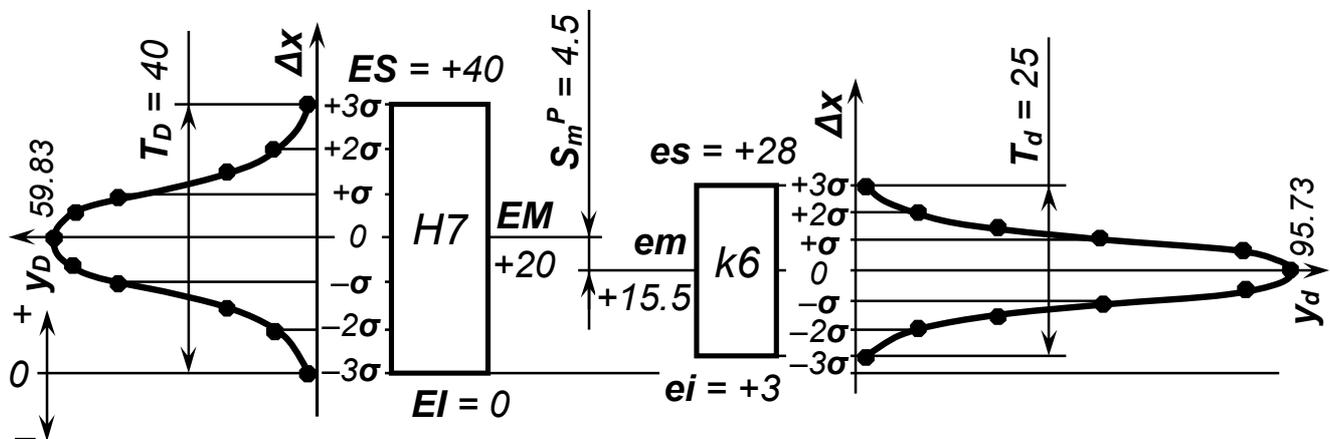


Рисунок 3.2 – Пример построения кривых Гаусса для полей допусков отверстия $\varnothing 160H7$ и вала $\varnothing 160k6$

3.7 Построить по точкам *кривую распределения зазоров и/или натягов в соединении*. Начать следует с осей Δx и z . Для шкалы на осях выбрать произвольно соответствующий масштаб, например 2 мм на 1 мкм (как в рассматриваемом примере на рисунке 3.3 в формате листа А3).

Из точки, находящейся посередине поля допуска посадки ($\Delta x = z = 0$), провести вертикальную ось y . Поставить точки со значениями $y(\Delta x)$ при $\Delta x = 0; \pm 0,5\sigma_\Sigma; \pm 1\sigma_\Sigma; \pm 1,5\sigma_\Sigma; \pm 2\sigma_\Sigma; \pm 3\sigma_\Sigma; \pm 4\sigma_\Sigma$ (см. таблицу 3.1). Соединить точки плавной кривой и получить кривую Гаусса. Указать значения допуска посадки T_Σ и доверительного интервала $\omega = 6\sigma_\Sigma$ на эскизе.

Определить предельные точки поля допуска посадки в единицах σ_Σ :

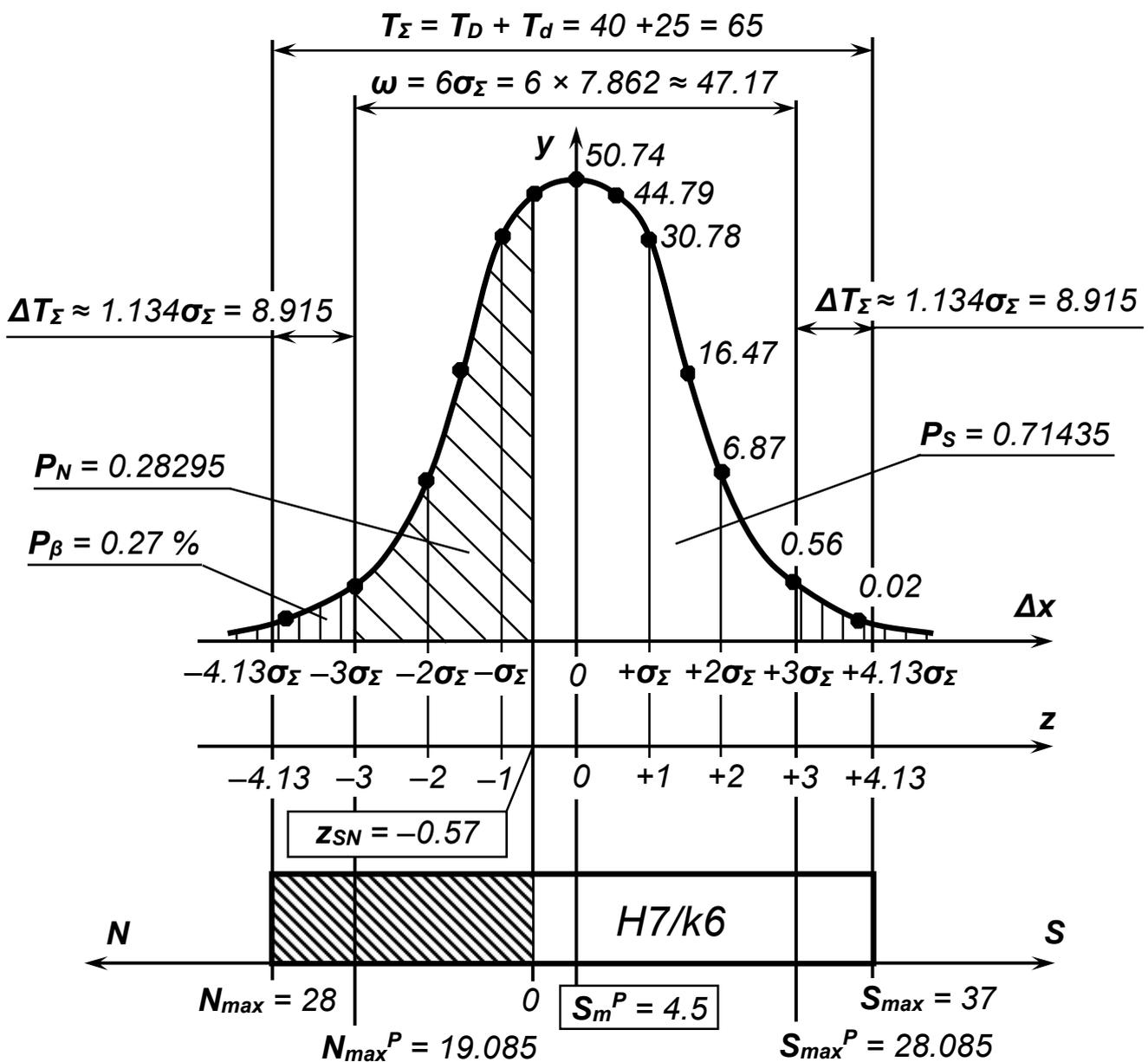


Рисунок 3.3 – Пример построения кривой Гаусса для поля допуска переходной посадки $\varnothing 160H7/k6$ и соответствующих параметров

$$\Delta x_{max} = z_{max} \cdot \sigma_{\Sigma}, \quad \text{где } z_{max} = \frac{T_{\Sigma}}{2\sigma_{\Sigma}}; \quad (3.9)$$

$$\Delta x_{min} = z_{min} \cdot \sigma_{\Sigma}, \quad \text{где } z_{min} = -z_{max}. \quad (3.10)$$

В рассматриваемом примере

$$z_{max} = \frac{T_{\Sigma}}{2\sigma_{\Sigma}} = \frac{65}{2 \times 7,862} \approx +4,134, \quad z_{min} = -z_{max} \approx -4,134,$$

$$\Delta x_{max} = z_{max} \cdot \sigma_{\Sigma} = +4,134\sigma_{\Sigma}, \quad \Delta x_{min} = z_{min} \cdot \sigma_{\Sigma} = -4,134\sigma_{\Sigma}.$$

Результаты записать вдоль осей Δx и z соответственно (см. рисунок 3.3).

Рассчитать разность между предельными точками поля допуска посадки и доверительным интервалом в долях стандартного отклонения σ_{Σ} :

$$\Delta T_{\Sigma} = (T_{\Sigma} - \omega)/2 = (8.268\sigma_{\Sigma} - 6\sigma_{\Sigma})/2 = 1.134\sigma_{\Sigma}, \quad (3.11)$$

где допуск посадки $T_{\Sigma} = (z_{max} - z_{min})\sigma_{\Sigma} = (+4.134 - (-4.134))\sigma_{\Sigma} = 8.268\sigma_{\Sigma} = 65$ мкм;

доверительный интервал $\omega = 6\sigma_{\Sigma} = 6 \times 7.862 \approx 47.17$ мкм.

В рассматриваемом примере (см. рисунок 3.3) эта разность такова:

$$\Delta T_{\Sigma} = (65 - 47.17)/2 = 8.915 \text{ мкм}, \quad \Delta T_{\Sigma} = 1.134\sigma_{\Sigma} \approx 8.915 \text{ мкм}.$$

Записать значения ΔT_{Σ} в долях σ_{Σ} и в микрометрах на эскизе симметрично (см. рисунок 3.3).

Для предельных отклонений доверительного интервала ($\pm 3\sigma_{\Sigma}$) **вероятностные максимальные и минимальные значения зазоров и натягов** рассчитывают по формулам:

$$S_{max}^P = S_{max} - \Delta T_{\Sigma}; \quad S_{min}^P = S_{min} + \Delta T_{\Sigma}; \quad (3.12)$$

$$N_{max}^P = N_{max} - \Delta T_{\Sigma}; \quad N_{min}^P = N_{min} + \Delta T_{\Sigma}. \quad (3.13)$$

Выбрать соответствующие формулы по индивидуальному заданию (виду посадки), рассчитать и указать рассчитанные величины на схеме (см. рисунок 3.3).

В рассматриваемом примере

$$S_{max}^P = S_{max} - \Delta T_{\Sigma} = 37 - 8,915 = 28,085 \text{ мкм},$$

$$N_{max}^P = N_{max} - \Delta T_{\Sigma} = 28 - 8,915 = 19,085 \text{ мкм}.$$

3.8 Под кривой Гаусса и осью z начертить поле допуска посадки вдоль осей $S-N$, указать максимальный теоретический зазор S_{max} и максимальный теоретический натяг N_{max} для переходной посадки (см. рисунок 3.3), или максимальный N_{max} и минимальный N_{min} натяг для посадки с натягом (рисунок 3.4), или максимальный S_{max} и минимальный зазор S_{min}

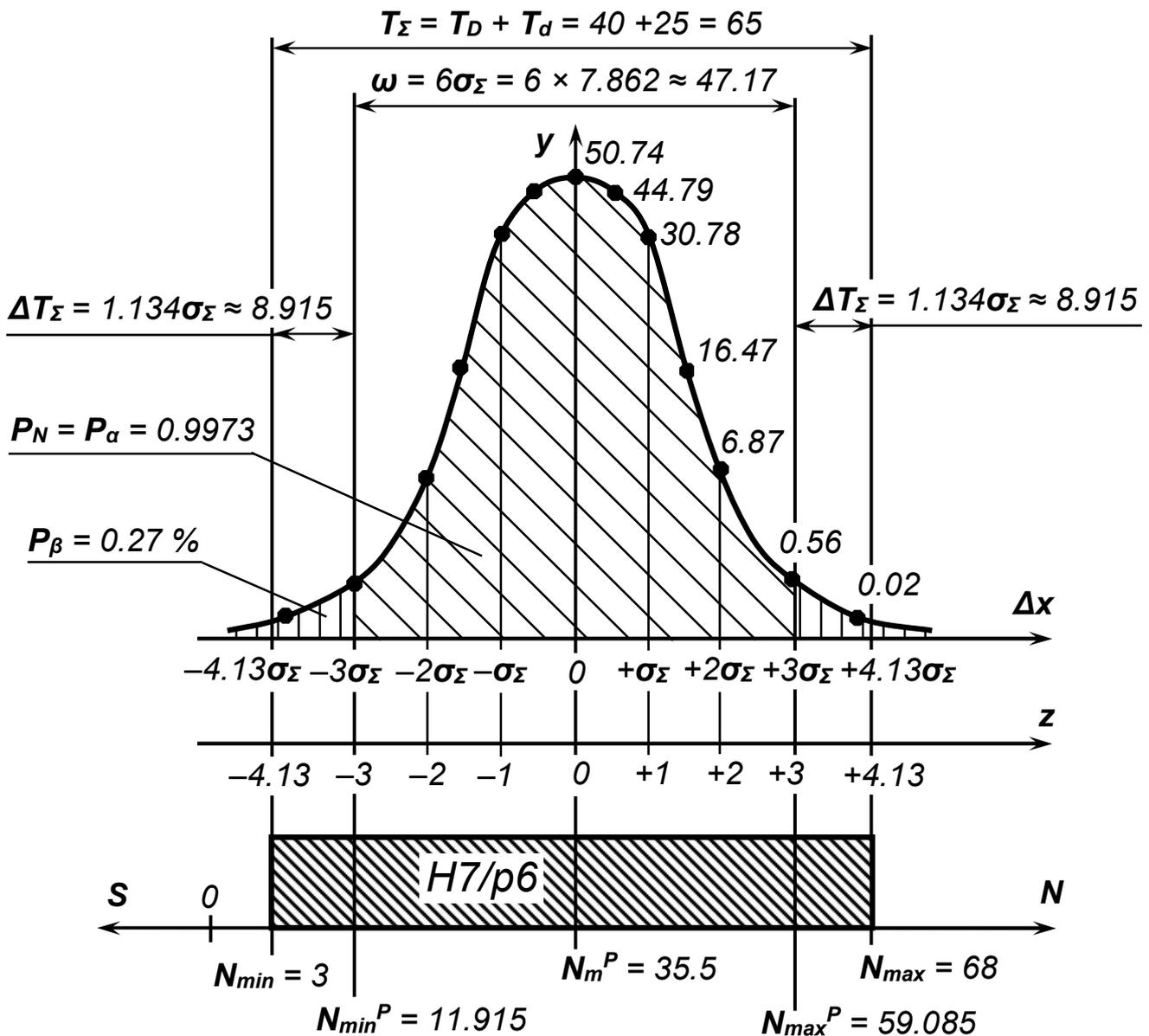


Рисунок 3.4 – Пример построения кривой Гаусса для поля допуска посадки с натягом $\text{Ø}160\text{H}7/\text{p}6$ (для справки см. рисунок 1.2)

для посадки с зазором (рисунок 3.5). Характерно, что предельные зазоры и натяги совпадают с пределами полей допусков (например, на рисунке 3.3 максимальный натяг N_{max} совпадает с минимальным отклонением $-4,134\sigma_{\Sigma}$, а максимальный зазор S_{max} – с максимальным отклонением $+4,134\sigma_{\Sigma}$).

Для посадки с натягом $\text{Ø}160\text{H}7/\text{p}6$, представленной на рисунке 3.4, выполняют расчеты (отклонения размеров деталей см. на рисунке 1.2) по формулам (3.2)–(3.11), (3.13):

$$- N_{max} = es - EI = (+68) - 0 = 68 \text{ мкм}; \quad N_{min} = ei - ES = (+43) - (+40) = 3 \text{ мкм};$$

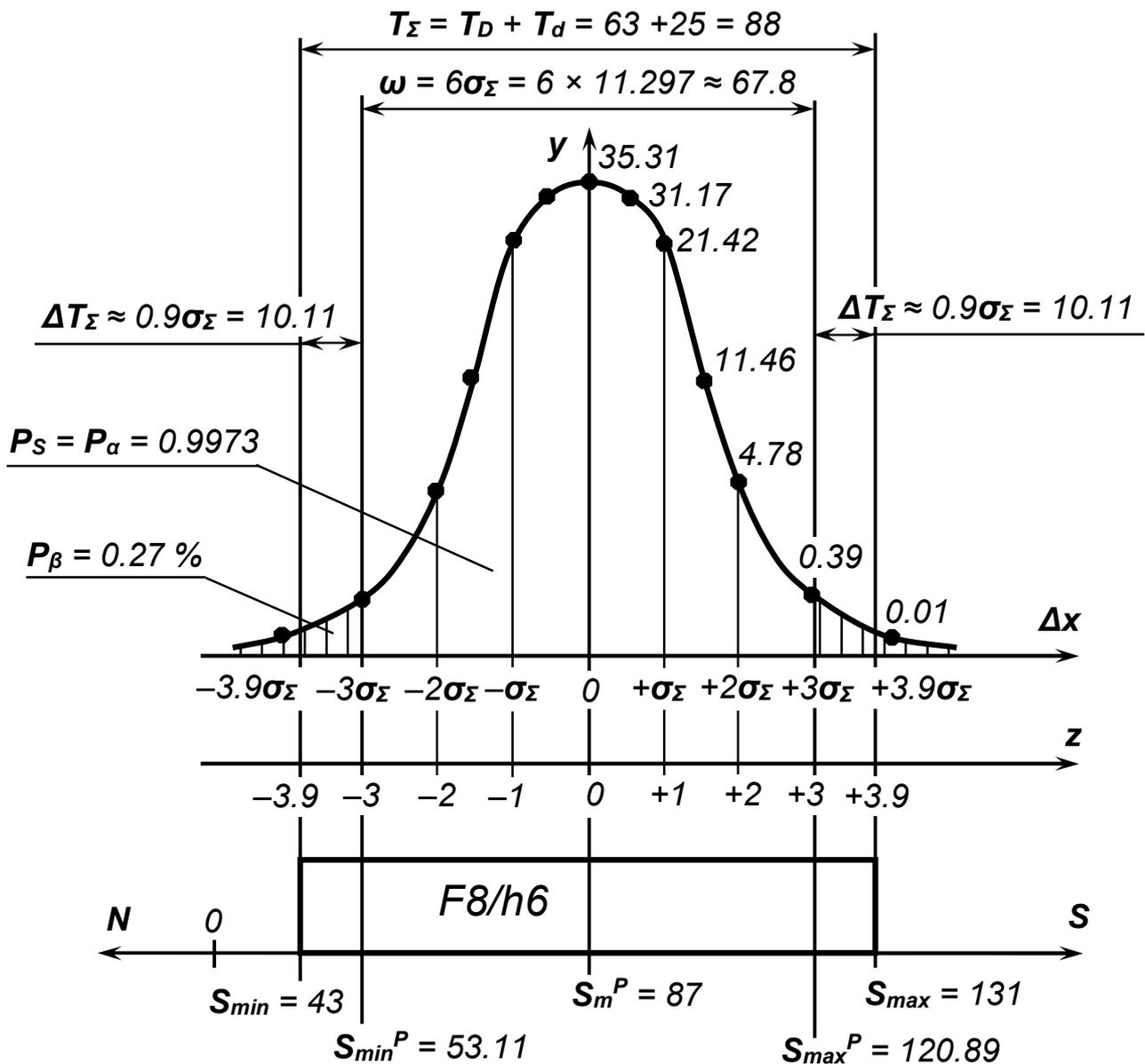


Рисунок 3.5 – Пример построения кривой Гаусса для поля допуска посадки с зазором $\text{Ø}160\text{F}8/\text{h}6$ (для справки см. рисунок 1.3)

$$- EM = \frac{ES + EI}{2} = \frac{(+40) + 0}{2} = +20 \text{ мкм}; \quad em = \frac{es + ei}{2} = \frac{(+68) + (+43)}{2} = +55.5 \text{ мкм};$$

$$- \text{для отверстия } T_D = (+40) - 0 = 40 \text{ мкм}; \quad \sigma_D = 40 / 6 \approx 6,667 \text{ мкм};$$

$$- \text{для вала } T_d = (+68) - (+43) = 25 \text{ мкм}; \quad \sigma_d = 25 / 6 \approx 4,167 \text{ мкм};$$

$$- \text{для посадки } T_{\Sigma} = T_D + T_d = 40 + 25 = 65 \text{ мкм};$$

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} = \sqrt{6,667^2 + 4,167^2} \approx 7,862 \text{ мкм};$$

$$- N_m^P = em - EM = +55,5 - (+20) = 35,5 \text{ мкм};$$

- $z_{max} = \frac{T_{\Sigma}}{2\sigma_{\Sigma}} = \frac{65}{2 \times 7,862} \approx +4,134$; $z_{min} = -z_{max} \approx -4,134$;
- $\Delta x_{max} = z_{max} \cdot \sigma_{\Sigma} = +4,134\sigma_{\Sigma}$; $\Delta x_{min} = z_{min} \cdot \sigma_{\Sigma} = -4,134\sigma_{\Sigma}$;
- $T_{\Sigma} = (z_{max} - z_{min})\sigma_{\Sigma} = (+4,134 - (-4,134))\sigma_{\Sigma} = 8,268\sigma_{\Sigma} = 65$ мкм;
- $\omega = 6\sigma_{\Sigma} = 6 \times 7,862 \approx 47,17$ мкм;
- $\Delta T_{\Sigma} = (T_{\Sigma} - \omega)/2 = (65 - 47,17)/2 = 8,915$ мкм; $\Delta T_{\Sigma} = 1,134\sigma_{\Sigma} \approx 8,915$ мкм;
- $N_{min}^P = N_{min} + \Delta T_{\Sigma} = 3 + 8,915 = 11,915$ мкм;
- $N_{max}^P = N_{max} - \Delta T_{\Sigma} = 68 - 8,915 = 59,085$ мкм.

Рассчитанные параметры посадки указывают на эскизе (см. рисунок 3.4).

Для посадки с зазором $\text{Ø}160\text{F}8/\text{h}6$, представленной на рисунке 3.5, выполняют расчеты (отклонения размеров деталей см. на рисунке 1.3) по формулам (3.1), (3.3)–(3.12):

- $S_{max} = ES - ei = (+106) - (-25) = 131$ мкм; $S_{min} = EI - es = (+43) - 0 = 43$ мкм;
- $EM = \frac{ES + EI}{2} = \frac{(+106) + (+43)}{2} = +74,5$ мкм; $em = \frac{es + ei}{2} = \frac{0 + (-25)}{2} = -12,5$ мкм;
- $T_D = (+106) - (+43) = 63$ мкм; $\sigma_D = 63/6 = 10,5$ мкм;
- $T_d = 0 - (-25) = 25$ мкм; $\sigma_d = 25/6 \approx 4,167$ мкм;
- $T_{\Sigma} = T_D + T_d = 63 + 25 = 88$ мкм;
- $\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} = \sqrt{10,5^2 + 4,167^2} \approx 11,297$ мкм;
- $S_m^P = EM - em = (+74,5) - (-12,5) = 87$ мкм;
- $z_{max} = \frac{T_{\Sigma}}{2\sigma_{\Sigma}} = \frac{88}{2 \times 11,297} \approx +3,895$; $z_{min} = -z_{max} \approx -3,895$;
- $\Delta x_{max} = z_{max} \cdot \sigma_{\Sigma} = +3,895\sigma_{\Sigma}$; $\Delta x_{min} = z_{min} \cdot \sigma_{\Sigma} = -3,895\sigma_{\Sigma}$;
- $T_{\Sigma} = (z_{max} - z_{min})\sigma_{\Sigma} = (+3,895 - (-3,895))\sigma_{\Sigma} = 7,79\sigma_{\Sigma} = 88$ мкм;
- $\omega = 6\sigma_{\Sigma} = 6 \times 11,297 \approx 67,78$ мкм;
- $\Delta T_{\Sigma} = (T_{\Sigma} - \omega)/2 = (88 - 67,78)/2 = 10,11$ мкм; $\Delta T_{\Sigma} = 0,895\sigma_{\Sigma} \approx 10,11$ мкм
- $S_{min}^P = S_{min} + \Delta T_{\Sigma} = 43 + 10,11 = 53,11$ мкм;
- $S_{max}^P = S_{max} - \Delta T_{\Sigma} = 131 - 10,11 = 120,89$ мкм.

3.9 Для переходных посадок рассчитать вероятности соединений с зазором и соединений с натягом. Для этого необходимо определить координату z_{SN} для средневероятной (средней наиболее вероятной) величины зазора или натяга:

$$z_{SN} = -\frac{S_m^P}{\sigma_{\Sigma}} \quad \text{или} \quad z_{SN} = +\frac{N_m^P}{\sigma_{\Sigma}}. \quad (3.14)$$

Для рассматриваемого примера переходной посадки Ø160H7/k6

$$z_{SN} = -S_m^P / \sigma_z = -4,5 / 7,862 \approx -0,57.$$

Провести вертикальную линию, начиная с координаты 0 на осях **S–N**, через координату z_{SN} на оси **z**, пересекающую кривую Гаусса в точке с координатой $\Delta x_{SN} = z_{SN} \times \sigma_z$, чтобы разделить площадь под кривой на две части (см. рисунок 3.3).

3.10 Посчитать вероятности посадок с зазором и натягом **для переходных посадок со средневероятным (средним наиболее вероятным) зазором S_m^P** по формулам для направления осей **S–N**, указанных на рисунке 3.3:

$$\text{- вероятность посадок с натягом } P_N = \Phi_0(z) - \Phi_0(z_{SN}); \quad (3.15)$$

$$\text{- вероятность посадок с зазором } P_S = \Phi_0(z) + \Phi_0(z_{SN}). \quad (3.16)$$

Для переходных посадок со средневероятным (средним наиболее вероятным) натягом N_m^P для направления осей **S–N**, указанных на рисунке 3.3, формулы выглядят так:

$$\text{- вероятность посадок с натягом } P_N = \Phi_0(z) + \Phi_0(z_{SN}); \quad (3.17)$$

$$\text{- вероятность посадок с зазором } P_S = \Phi_0(z) - \Phi_0(z_{SN}). \quad (3.18)$$

В соответствии со свойствами функция Лапласа является нечетной функцией $\Phi_0(-z) = -\Phi_0(z)$.

С другой стороны, значением функции Лапласа $\Phi_0(z)$ является площадь под кривой нормализованной функции $f(z)$ в диапазоне значений аргумента от 0 до **z** (рисунок 3.6). В этом смысле площадь под кривой будет положительной даже при отрицательном значении аргумента **z**:

- в диапазоне от 0 до **z**

$$\Phi_0(z) = \int_0^z f(z) dz = \Phi_0(z) \Big|_0^z = \Phi_0(z) - \Phi_0(0) = \Phi_0(z) - 0 = \Phi_0(z);$$

- в диапазоне от **-z** до 0

$$\Phi_0(-z) = \int_{-z}^0 f(z) dz = \Phi_0(z) \Big|_{-z}^0 = \Phi_0(0) - \Phi_0(-z) = 0 + \Phi_0(z) = \Phi_0(z).$$

Численное значение $\Phi_0(z_{SN})$ выбирают из таблицы интегральной функции Лапласа (см. приложение 5).

Рисунок 3.6 представляет собой графическую иллюстрацию формул (3.15)–(3.18).

Записать рассчитанные величины P_N и P_S на эскизе (см. рисунок 3.3).

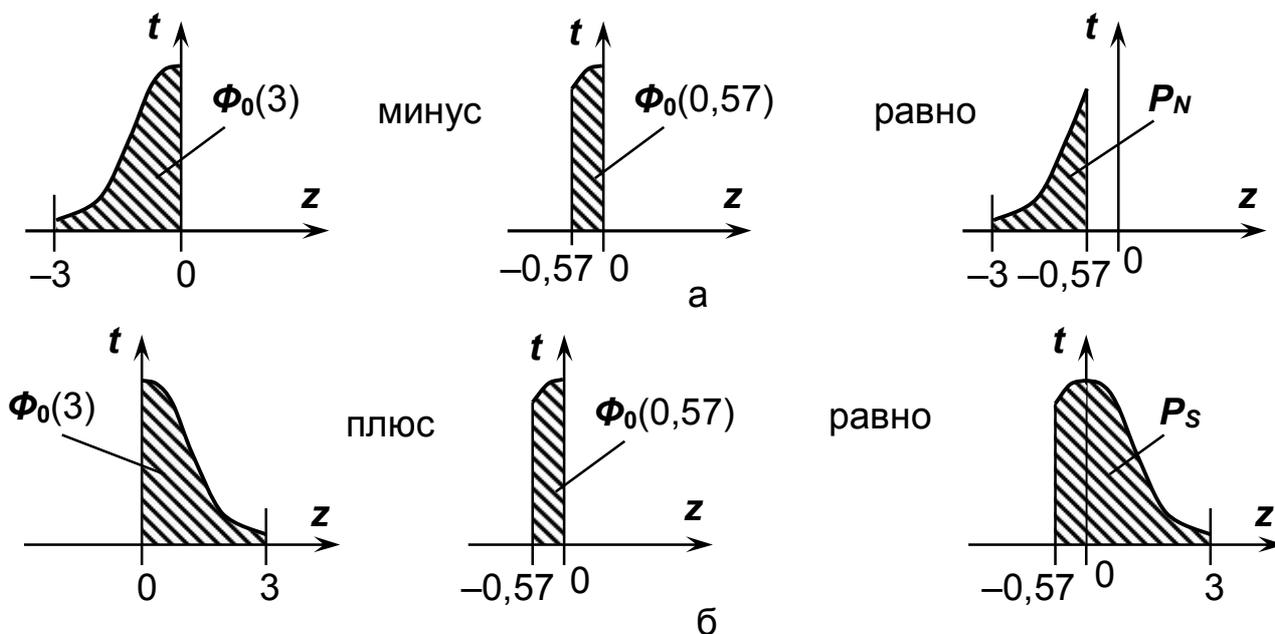


Рисунок 3.6 – Графическое представление формул для расчетов количества соединений с натягом P_N (а) и зазором P_S (б) для переходной посадки $\varnothing 160H7/k6$ с координатой границы между зазорами и натягами $z_{SN} = -0,57$

4 ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ (лист 4)

Подшипники качения предназначены для установки валов и других деталей механизмов при передаче крутящего момента. Подшипник качения состоит, как правило, из внутреннего и внешнего колец (дорожек качения) и тел качения.

Классификация подшипников качения весьма разнообразна (рисунок 4.1).

Подшипники по форме тел качения подразделяют на шариковые и роликовые.

Роликовые подшипники в зависимости от формы ролика могут быть:

- цилиндрические;
- игольчатые;
- асимметричные сферические;
- симметричные сферические;
- конические.

По типу воспринимаемой нагрузки подшипники разделяют на такие:

- радиальные;
- упорные (осевые);
- комбинированные, а именно: радиально-упорные или упорно-радиальные, причем первое слово классификации указывает на основную воспринимаемую подшипником нагрузку, а второе слово – на вспомогательную.

По количеству рядов тел качения они могут быть одно-, двух-, четырех-

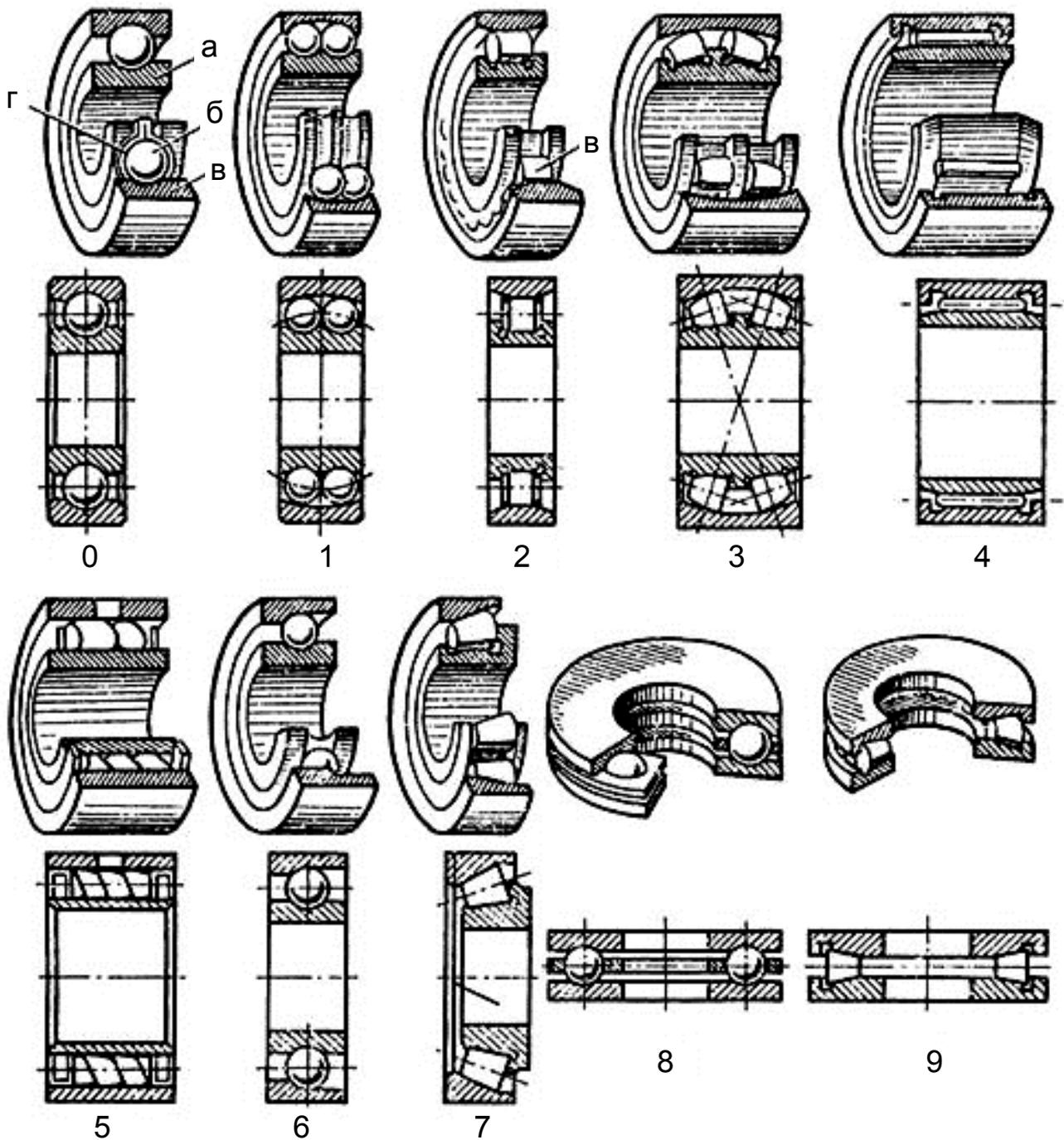


Рисунок 4.1 – Основные типы подшипников качения: 0 – шариковый радиальный однорядный (ГОСТ 8338-75); 1 – шариковый радиальный сферический двухрядный (самоустанавливающийся, ГОСТ 5720-75); 2 – роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами (ГОСТ 8328-75); 3 – роликовый радиальный сферический двухрядный (самоустанавливающийся, ГОСТ 24696-81); 4 – роликовый игольчатый (ГОСТ 4657-82); 5 – роликовый с витыми роликами; 6 – шариковый радиально-упорный однорядный (ГОСТ 831-75); 7 – роликовый конический (ГОСТ 333-79); 8 – шариковый упорный (ГОСТ 6874-75); 9 – роликовый упорный; а – внутреннее кольцо; б – тело качения; в – наружное кольцо; г – сепаратор

рядные; по форме отверстия внутреннего кольца – цилиндрические или конусные; по чувствительности к перекосам – несамоустанавливающиеся и самоустанавливающиеся (допускают перекося до трех градусов) и т. д.

Подшипники качения могут не иметь внешнего или внутреннего кольца. Подшипник может состоять исключительно из тел качения. У такого «неполного» подшипника роль дорожек качения выполняют поверхности деталей.

Подшипники качения в сравнении с подшипниками скольжения имеют ряд неоспоримых преимуществ.

Благодаря небольшому моменту трения разница между силами сопротивления в момент начала вращения и во время вращения детали незначительна. Малая величина сил трения в подшипнике качения позволяет существенно экономить энергию.

Взаимозаменяемость подшипников качения дает возможность относительно легко заменить изношенный подшипник на новый и таким образом привести в работоспособное состояние машину или механизм.

Задание к листу 4 включает в себя следующие исходные данные: условное обозначение подшипника, характер действующей нагрузки, режим работы, указание вращающейся детали.

Задание выполняют в следующем порядке.

4.1 Записать исходные данные в таблицу на листе 4 (для примера см. таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Исходные данные и результаты расшифровки

Исходные данные	Расшифровка и выбор посадок	
Подшипник 6–308 D = 90 мм B = 23 мм	08 – диаметр отверстия $d = 08 \times 5 = 40$ мм; 3 – серия диаметров: средняя; 0 – тип подшипника: радиальный шариковый од- норядный; 00 – конструктивное исполнение: основное; 0 – серия ширин: узкая	
Класс точности P6	Поле допуска диаметра кольца	
	внутреннего d	наружного D
	L6	I6
	ES = 0, EI = – 13 мкм	es = 0, ei = – 10 мкм
Вращается корпус Нагрузка F_r ради- альная постоянная	Вид нагружения кольца	
	внутреннего	наружного
	местное	циркуляционное
Режим работы – нормальный (H)	Характер соединения кольца	
	с валом – g6	с отверстием корпуса – N7
	Посадка со средним	
	зазором – L6 / g6	натягом – N7 / I6

Расшифровать условное обозначение заданного подшипника по схеме, представленной на рисунке 4.2. В условном обозначении расшифровку цифр выполняют в обратном порядке – слева направо.

Если количество цифр в условном обозначении меньше семи, то отсутствующие цифры заменяют нолями после знака "-" (тире), например, 6–1221 соответствует 6–0001221 и расшифровку производят по схеме на рисунке 4.2.

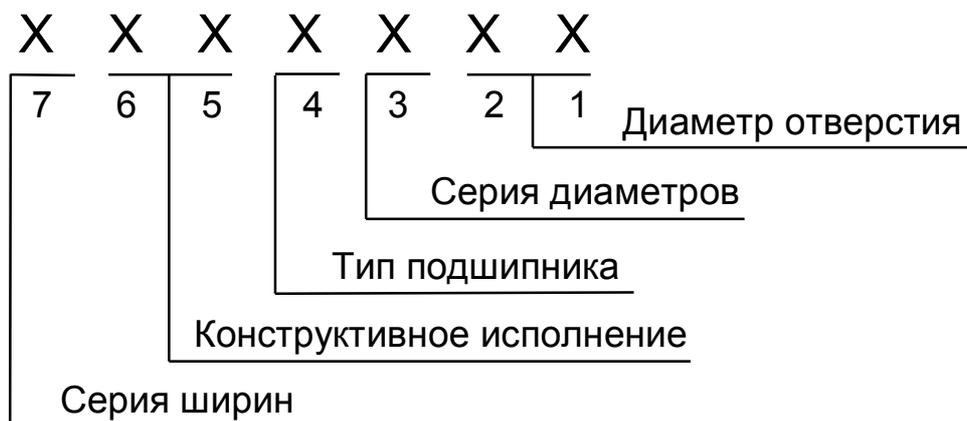


Рисунок 4.2 – Порядок расположения знаков условного обозначения подшипников качения

Первые два символа (позиции 1 и 2) обозначают диаметр отверстия подшипника в миллиметрах. Для определения диаметра нужно двузначное число умножить на коэффициент 5. Например, для подшипника 6–1221 диаметр отверстия $d = 21 \times 5 = 105$ мм. Исключения из этого правила составляют следующие обозначения: «00» – 10 мм; «01» – 12 мм; «02» – 15 мм; «03» – 17 мм. Далее, начиная с «04», действует общее правило.

Цифра на позиции 4 обозначает тип подшипника (см. рисунок 4.1): 0 – радиальный шариковый однорядный; 1 – радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 – роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 – роликовый радиальный сферический; 4 – роликовый игольчатый или с длинными цилиндрическими роликами; 5 – радиальный роликовый с витыми роликами; 6 – радиально-упорный шариковый однорядный; 7 – роликовый конический; 8 – упорный или упорно-радиальный шариковый; 9 – упорный или упорно-радиальный роликовый.

Цифра на позиции 3 обозначает серию диаметров подшипника: 0, 8, 9, 1, 7, 2, 3, 4, 5. Цифровые обозначения даны в порядке возрастания наружного диаметра D подшипника при постоянном диаметре отверстия d .

Цифра на позиции 7 обозначает серию ширин или высот подшипника: 7, 8, 9, 0,1, 2, 3, 4, 5, 6. Цифровые обозначения даны в порядке возрастания ширины или высоты.

Серия диаметров (цифра 3) и **серия ширин** (цифра 7) образуют

размерную серию подшипника в зависимости от его типа (цифра 4). Поэтому серию ширин (высот) определяют совместно с серией диаметров и типом подшипника (см. приложение 6, таблицы П.6.1, П.6.2 и П.6.3).

Цифры на позициях 5 и 6 – конструктивное исполнение подшипника (шифры от 00 до 99): 00 – основное конструктивное исполнение; другие обозначения приведены в ГОСТ 3395-89.

В этом задании *конструктивное исполнение не определяют* и на эскизе сборочного подшипникового узла на листе 4 изображают *основное конструктивное исполнение подшипника* (см. рисунки 4.1 и 4.2).

Записать результаты расшифровки условного обозначения подшипника в таблицу на листе 4 (см. таблицу 4.1).

4.2 Пользуясь приложением 6 (таблицы П.6.4 – П.6.6), определить отклонения диаметра наружного кольца D и диаметра отверстия d подшипника для всех классов точности в соответствии с размерами заданного подшипника (см. рисунок 4.2).

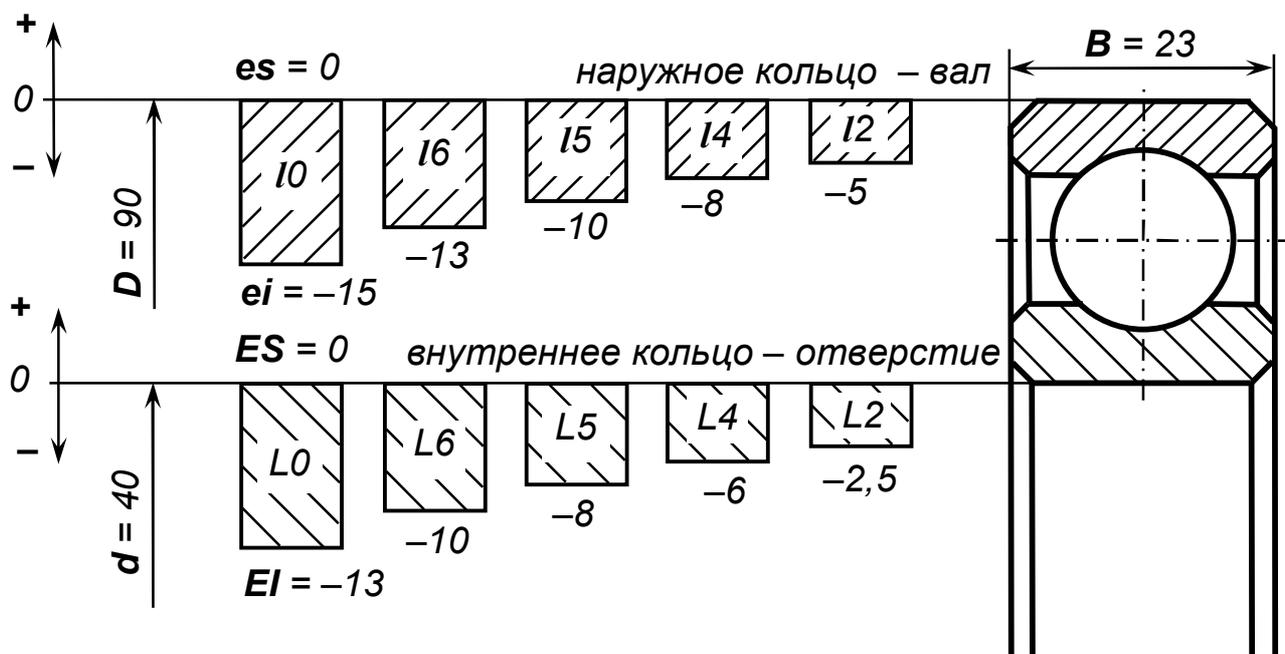


Рисунок 4.2 – Схема расположения полей допусков подшипника по наружному диаметру D и диаметру отверстия d

4.3 Выбрать поля допусков диаметров наружного кольца D и отверстия d для класса точности подшипника. В рассматриваемом примере для подшипника 6–308 поля допусков – I6 и L6 соответственно (см. рисунок 4.2 и таблицу 4.1).

По таблице 4.2 определить квалитет точности отверстия в корпусе, в которое устанавливают наружное кольцо подшипника, и квалитет точности вала, на который устанавливают подшипник внутренним кольцом, в зависимости от класса точности подшипника.

Таблица 4.2 – Примерное соответствие класса точности подшипника качеству точности поверхностей сопрягаемых деталей

Наружное кольцо		Внутреннее кольцо	
Класс точности подшипника	Квалитет точности отверстия в корпусе	Класс точности подшипника	Квалитет точности вала
P0, P6	IT7	P0, P6	IT6
P5, P4	IT6	P5, P4	IT5
P2	IT5	P2	IT4

По стандарту ГОСТ 3325-85 (см. приложение 6, таблицу П.6.7) выбрать все рекомендуемые поля допусков диаметра отверстия в корпусе и диаметра вала по соответствующим квалитетам точности и изобразить их на схеме для соответствующих полей допусков подшипника (рисунок 4.3).

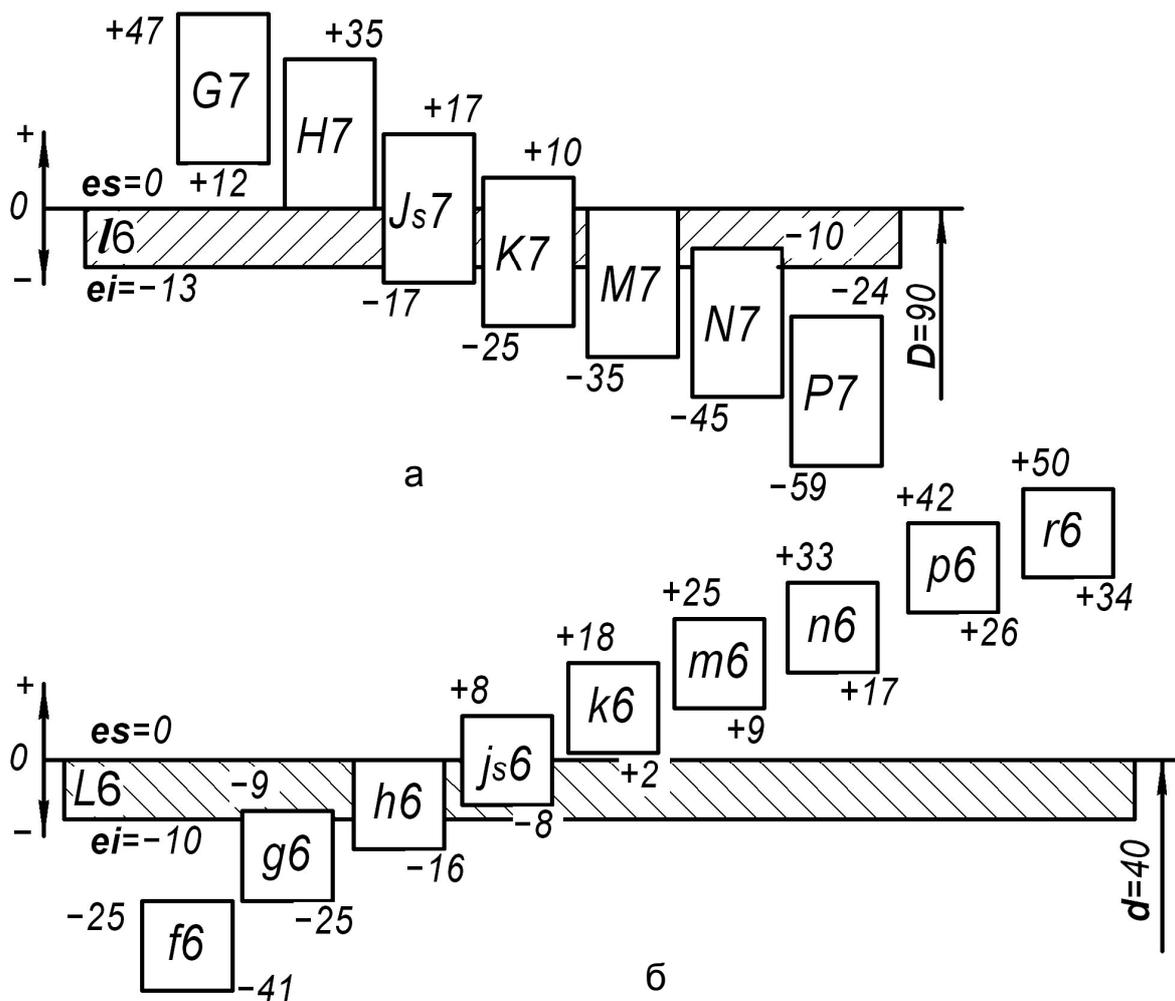


Рисунок 4.3 – Схема расположения рекомендуемых полей допусков сопрягаемых деталей для посадок подшипника 6–308: а – по наружному диаметру для отверстия в корпусе; б – по диаметру отверстия для вала

Для определения предельных отклонений полей допусков сопрягаемых с подшипником деталей воспользоваться ГОСТ 25347-82 (см. приложение 2) и, при необходимости, ДСТУ 2500-94 (см. приложение 1) для соответствующих номинальных диаметров D и d .

4.4 Пользуясь приложением 6 (таблица П.6.8), установить вид нагружения каждого кольца подшипника в зависимости от условий нагружения, указанных в исходных данных варианта задания (см. таблицу 4.1).

При выборе посадок подшипников учитывают следующие виды нагружения колец: *местное, циркуляционное, колебательное*.

Местное нагружение кольца – такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка *постоянно воспринимается одним и тем же ограниченным участком дорожки качения* этого кольца (в пределах зоны нагружения) и передается соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса.

Например, кольцо не вращается относительно действующей на него нагрузки (рисунок 4.4, а – неподвижное наружное кольцо под действием радиальной силы F_r в заданном направлении) или кольцо и нагрузка участвуют в совместном вращении (рисунок 4.4, б – вращающееся вместе с корпусом наружное кольцо под действием радиальной силы F_c , которая вращается с той же частотой n).

Циркуляционное нагружение кольца – такой вид нагружения, при котором действующая на подшипник результирующая радиальная нагрузка *воспринимается и передается телами качения в процессе вращения дорожке качения последовательно по всей ее длине*, а следовательно, и всей посадочной поверхности вала или корпуса.

Такое нагружение возникает, например, когда кольцо вращается относительно постоянной по направлению радиальной нагрузки (см. рисунок 4.4, а – вращающееся вместе с валом внутреннее кольцо под действием радиальной силы F_r , постоянной по направлению), а также когда нагрузка вращается относительно неподвижного или подвижного кольца (см. рисунок 4.4, б – вращающееся вместе с валом или неподвижное внутреннее кольцо под действием радиальной силы F_c , которая вращается с частотой n ; при этом частоты n и n_1 не совпадают по величине или/и по направлению).

Колебательным нагружением кольца называют такой вид нагружения, при котором неподвижное кольцо подшипника подвергается одновременному воздействию радиальных нагрузок – постоянной по направлению F_r и вращающейся F_c , меньшей или равной по величине F_r . Их равнодействующая F_{r+c} совершает периодические колебания от величины $(|F_r| - |F_c|)$ до $(|F_r| + |F_c|)$, симметричные относительно направления F_r . При этом равнодействующая нагрузка F_{r+c} периодически воспринимается последовательно через тела качения зоной нагружения неподвижного кольца и передается соответствующим ограниченным участкам посадочной поверхности.

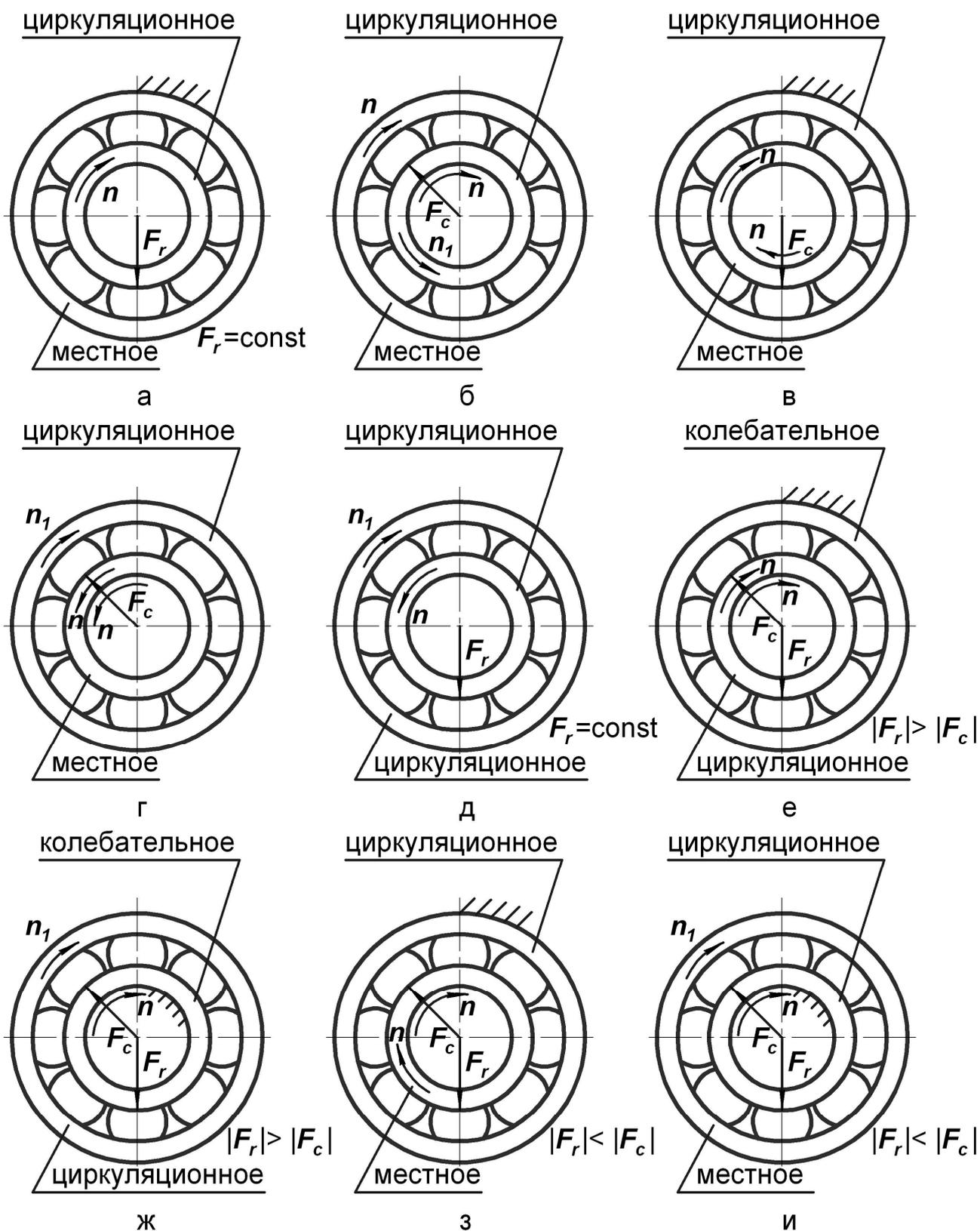


Рисунок 4.4 – Виды нагружения колец подшипника: а – при постоянной радиальной силе F_r ; б – радиальной силе F_c , вращающейся с частотой наружного кольца; в, г – радиальной силе F_c , вращающейся с частотой внутреннего кольца; д – постоянной радиальной силе F_r и вращающихся обоих колец; е, ж – постоянной и вращающейся силах при $|F_r| \geq |F_c|$; з, и – постоянной и вращающейся силах при $|F_r| < |F_c|$

Такое нагружение возникает, например, на неподвижном наружном кольце, когда на него воздействует через вал постоянная нагрузка F_r , а внутреннее кольцо вращается совместно с приложенной к нему нагрузкой F_c , возникающей от дисбаланса (см. рисунок 4.4, е).

Если нагрузка постоянного направления меньше вращающейся $|F_r| < |F_c|$, равнодействующая сила F_{r+c} будет вращаться, изменяясь по направлению и величине от $(|F_c| - |F_r|)$ до $(|F_c| + |F_r|)$.

В этом случае кольца являются либо *местно* нагруженными, либо *циркуляционно* нагруженными в зависимости от схемы приложения сил и вращения наружного или внутреннего кольца (см. рисунок 4.4, з, и).

4.5 Пользуясь приложением 6 (таблицы П.6.9 и П.6.10), выбрать поля допусков сопрягаемых деталей и посадки подшипника на вал и в отверстие корпуса в зависимости от типа подшипника, его размеров, схемы нагружения и условий работы. Указать их в таблице на листе 4 (см. таблицу 4.1).

4.6 Выполнить типовой эскиз подшипникового узла с указанием выбранных посадок: вала и подшипника, корпуса и подшипника, крышки и корпуса. Для посадки крышки в отверстие корпуса использовать поле допуска **d10** или другое средней точности, которое обеспечит гарантированный зазор в сочетании с полем допуска диаметра отверстия (комбинированная посадка). Подшипник изобразить в упрощенном виде, допускаемом стандартами ЕСКД (рисунок 4.5).

4.7 Выполнить схемы расположения полей допусков сопрягаемых деталей с указанием размеров, отклонений и средних зазоров (натягов) для посадок (см. рисунок 4.5).

Для расчетов использовать формулы (1.7), (1.11), (1.14), (1.16).

Для рассматриваемого примера (см. рисунок 4.5):

- среднее отклонение внутреннего диаметра подшипника **Ø40L6**

$$EM = (ES + EI)/2 = (0 + (-10))/2 = -5 \text{ мкм};$$

- среднее отклонение диаметра вала **Ø40g6**

$$em = (es + ei)/2 = ((-9) + (-25))/2 = -17 \text{ мкм};$$

- среднее отклонение наружного диаметра подшипника **Ø90/6**

$$em = (es + ei)/2 = (0 + (-13))/2 = -6,5 \text{ мкм};$$

- среднее отклонение диаметра отверстия в корпусе **Ø90N7**

$$EM = (ES + EI)/2 = ((-10) + (-45))/2 = -27,5 \text{ мкм};$$

- среднее отклонение диаметра крышки **Ø90d10**

$$em = (es + ei)/2 = ((-120) + (-260))/2 = -190 \text{ мкм}.$$

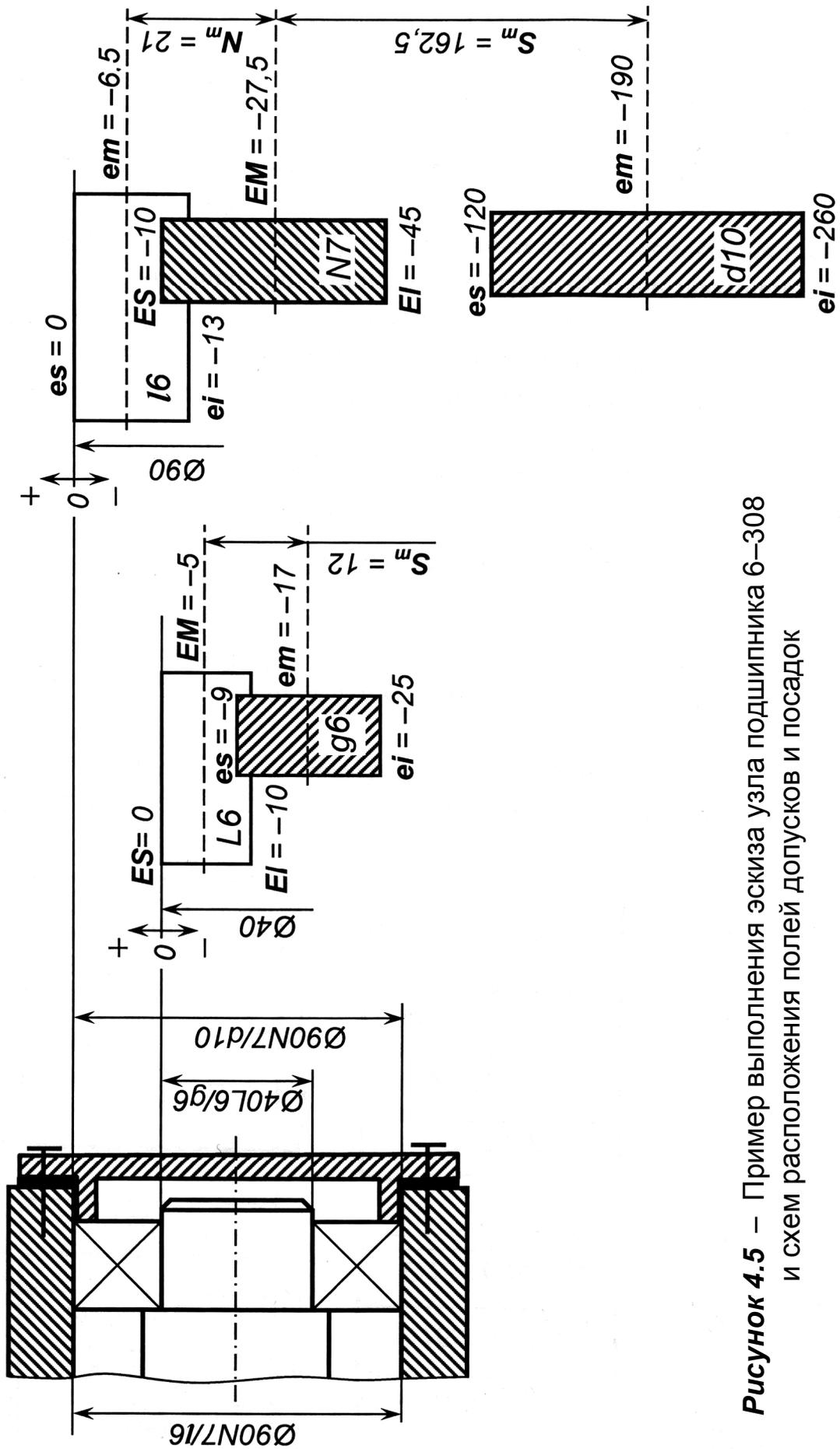


Рисунок 4.5 – Пример выполнения эскиза узла подшипника 6–308 и схем расположения полей допусков и посадок

Вид посадки определяется соотношением размеров отверстия и вала.

В данном случае для **посадки подшипника на вал Ø40L6/g6** средний диаметр отверстия (и среднее отклонение **EM**) подшипника Ø40L6 **больше**, чем средний диаметр вала Ø40g6 (и **em**), и, соответственно, **EM > em**. Поэтому посадка Ø40L6/g6 будет со **средним зазором**

$$S_m = EM - em = (-5) - (-17) = 12 \text{ мкм.}$$

Посадка подшипника в отверстие корпуса Ø90N7/l6 будет со **средним натягом**, так как средний наружный диаметр подшипника Ø90l6 **больше**, чем средний диаметр отверстия Ø90N7, и, соответственно, **em > EM**

$$N_m = em - EM = (-6,5) - (-27,5) = 21 \text{ мкм.}$$

Посадка крышки в отверстие корпуса Ø90N7/d10 в радиальном направлении является не очень важной. Нужно, чтобы она входила в отверстие свободно, с зазором, а торец крышки надежно подпирал наружное кольцо подшипника. Подпор наружного кольца обеспечивают подбором прокладки нужной толщины и затяжкой болтов крышки (см. рисунок 4.5). Для обеспечения зазора в радиальном направлении поле допуска для посадочного диаметра крышки подбирают таким образом, чтобы оно образовывало достаточно большой зазор в сочетании с полем допуска отверстия Ø90N7 в корпусе. Крышка является деталью невысокой точности, поэтому используют квалитеты IT9–IT12. **Средний зазор** по посадке крышки в отверстие корпуса

$$S_m = EM - em = (-27,5) - (-190) = 162,5 \text{ мкм.}$$

Для обеспечения качественного выполнения и контроля расчетно-графической работы следует оформлять листы заданий и сдавать их на проверку в сроки, определенные графиком учебного процесса и преподавателем.

Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Термины и определения. Обозначения и общие нормы (по ДСТУ 2500-94)

Таблицы П.1.1, П.1.2 и П.1.3 содержат числовые величины допусков и **основных отклонений** для размеров до 500 мм. Эти значения позволяют применять ЕСДП без формул и правил, использованных для их определения. **Второе (не основное) отклонение** поля допуска рассчитывают с помощью основного отклонения и допуска по формулам:

- для валов $ei = es - IT$ или $es = ei + IT$;
- для отверстий $ES = EI + IT$ или $EI = ES - IT$.

Валы “js” и отверстия “Js” не имеют основных отклонений. Оба предельные отклонения определяют из допуска $\pm IT_n/2$.

Значения основных отклонений для отверстий К, М, N с 5-го по 8-й квалитеты включительно и для отверстий от Р до ZС с 5-го по 7-й квалитеты включительно для размеров более 3 мм определяют, как указано в таблице П.1.3, добавлением величины Δ , приведенной в колонке соответствующего квалитета точности для рассматриваемого интервала размеров. Величина Δ равна разности $(IT_n - IT_{n-1})$ между допуском рассматриваемого квалитета n и допуском ближайшего более точного квалитета $(n-1)$.

Таблица П.1.1 – Числовые значения допусков, мкм

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Квалитет												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
До 3	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3 – 6	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6 – 10	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10 – 18	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18 – 30	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30 – 50	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50 – 80	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80 – 120	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120 – 180	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180 – 250	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250 – 315	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315 – 400	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400 – 500	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Примечания. 1. Для размеров меньше, чем 1 мм, квалитеты точности 14–18 не применяют. 2. Квалитеты точности 01, 0, 1, 2, 3, 17 и 18 не представлены.

Таблица П.1.2 – Числовые значения основных отклонений валов, мкм

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Верхнее отклонение es														
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js*	j		
	Для всех квалитетов												Для квалитетов		
													5,6	7	8
До 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Предельные отклонения ± IT/2	-2	-4	-6
3 – 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	-
6 – 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	-
10 – 14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0		-3	-6	-
14 – 18															
18 – 24	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0		-4	-8	-
24 – 30															
30 – 40	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-
40 – 50	-320	-180	-130												
50 – 65	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-7	-12	-
65 – 80	-360	-200	-150												
80 – 100	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-9	-15	-
100 – 120	-410	-240	-180												
120 – 140	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0		-11	-18	-
140 – 160	-520	-280	-210												
160 – 180	-580	-310	-230	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-
180 – 200	-660	-340	-240												
200 – 225	-740	-380	-260	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0		-16	-26	-
225 – 250	-820	-420	-280												
250 – 280	-920	-480	-300	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0		-18	-28	-
280 – 315	-1050	-540	-330												
315 – 355	-1200	-600	-360	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-20	-32	-	
355 – 400	-1350	-680	-400												
400 – 450	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-20	-32	-	
450 – 500	-1650	-840	-480												

* Для полей допусков от js7 до js11 нечетные числовые значения **IT** могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа, чтобы предельные отклонения ± IT/2 были определены целым числом микрометров.

Продолжение *таблицы П.1.2*

Интервал размеров, мм, свыше – до включи- тельно	Нижнее отклонение <i>e_i</i>															
	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zs	
	*	*	Для всех квалитетов													
До 3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	–	+18	–	+20	–	+26	+32	+40	+60
3 – 6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	–	+23	–	+28	–	+35	+42	+50	+80
6 – 10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	–	+28	–	+34	–	+42	+52	+67	+97
10 – 14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	–	+33	–	+40	–	+50	+64	+90	+130
14 – 18										+39	+45	–	+60	+77	+108	+150
18 – 24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	–	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
24 – 30								+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
30 – 40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
40 – 50								+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
50 – 65	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65 – 80						+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80 – 100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
100 – 120						+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120 – 140	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140 – 160						+65	+100	+134	+199	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160 – 180						+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
180 – 200	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
200 – 225						+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
225 – 250						+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
250 – 280	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
280 – 315						+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
315 – 355	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
355 – 400						+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
400 – 450	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
450 – 500						+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

** С квалитета 4 до 7. *** До квалитета 3 и свыше квалитета 7.

Таблица П.1.3 – Числовые значения основных отклонений отверстий, мкм

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Нижнее отклонение <i>EI</i>												Верхнее отклонение <i>ES</i>				
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js*	J				K
	Для всех квалитетов												Для квалитетов				С В Ы Ш Е 8
												6	7	8	до 8		
До 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	Предельные отклонения ± IT/2	+2	+4	+6	0	0
3 – 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	-
6 – 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	-
10 – 14	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ	-
14 – 18													+6	+10	+15	-1+Δ	-
18 – 24	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0		+8	+12	+20	-2+Δ	-
24 – 30													+8	+12	+20	-2+Δ	-
30 – 40	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ	-
40 – 50													+320	+180	+130	+10	+14
50 – 65	+340	+190	+140	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ	-
65 – 80													+360	+200	+150	+13	+18
80 – 100	+380	+220	+170	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0		+16	+22	+34	-3+Δ	-
100–120													+410	+240	+180	+16	+22
120–140	+460	+260	+200	-	+145	+85	-	+43	-	+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ	-
140–160													+520	+280	+210	+18	+26
160–180	+580	+310	+230	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ	-
180–200													+660	+340	+240	+22	+30
200–225	+740	+380	+260	-	+190	+110	-	+56	-	+17	0		+25	+36	+55	-4+Δ	-
225–250													+820	+420	+280	+25	+36
250–280	+920	+480	+300	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0		+29	+39	+60	-4+Δ	-
280–315												+1050	+540	+330	+29	+39	+60
315–355	+1200	+600	+360	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-	
355–400												+1350	+680	+400	+33	+43	+66
400–450	+1500	+760	+440	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-	
450–500												+1650	+840	+480	+33	+43	+66

* Для полей допусков от js7 до js11 нечетные числовые значения *IT* могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа, чтобы предельные отклонения ± *IT/2* были определены целым числом микрометров.

Продолжение *таблицы П.1.3*

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Верхнее отклонение ES										
	M		N		Р до ZC	Δ^{***}					
	Для квалитетов										
	до 8	свыше 8	до 8	свыше 8	до 7	3	4	5	6	7	8
До 3	-2	-2	-4	-4	Отклонения как для квалитетов более 7, увеличенные на Δ	0					
3 – 6	$-4+\Delta$	-4	$-8+\Delta$	0		1	1,5	1	3	4	6
6 – 10	$-6+\Delta$	-6	$-10+\Delta$	0		1	1,5	2	3	6	7
10 – 14	$-7+\Delta$	-7	$-12+\Delta$	0		1	2	3	3	7	9
14 – 18											
18 – 24	$-8+\Delta$	-8	$-15+\Delta$	0		1,5	2	3	4	8	12
24 – 30											
30 – 40	$-9+\Delta$	-9	$-17+\Delta$	0		1,5	3	4	5	9	14
40 – 50											
50 – 65	$-11+\Delta$	-11	$-20+\Delta$	0		2	3	5	6	11	16
65 – 80											
80 – 100	$-13+\Delta$	-13	$-23+\Delta$	0		2	4	5	7	13	19
100–120											
120–140	$-15+\Delta$	-15	$-27+\Delta$	0		3	4	6	7	15	23
140–160											
160–180											
180–200	$-17+\Delta$	-17	$-31+\Delta$	0		3	4	6	9	17	26
200–225											
225–250											
250–280	**	-20	$-34+\Delta$	0		4	4	7	9	20	29
280–315	$-20+\Delta$										
315–355	$-21+\Delta$	-21	$-37+\Delta$	0	4	5	7	11	21	32	
355–400											
400–450	$-23+\Delta$	-23	$-40+\Delta$	0	5	5	7	13	23	34	
450–500											

** Частный случай: для поля допуска M6 в интервале размеров от 250 до 315 мм **ES** = -9 мкм вместо -11 мкм. *** Для определения отклонений **ES** для K, M, N до 8-го квалитета включительно и для P до ZC до 7-го квалитета включительно следует использовать величину Δ в колонках справа.

Продолжение *таблицы П.1.3*

Интервал размеров, мм, свыше – до включи- тельно	Верхнее отклонение ES											
	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
	Для квалитетов свыше 7											
До 3	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60
3 – 6	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80
6 – 10	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97
10 – 14	-18	-23	-28	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130
14 – 18					-39	-45	-	-60	-77	-108	-150	
18 – 24	-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188
24 – 30			-41	-48	-55	-44	-75	-88	-118	-160	-218	
30 – 40	-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274
40 – 50				-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325
50 – 65	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405
65 – 80		-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480
80 – 100	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585
100 – 120		-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690
120 – 140	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800
140 – 160		-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900
160 – 180		-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000
180 – 200	-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150
200 – 225		-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250
225 – 250		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350
250 – 280	-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550
280 – 315		-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700
315 – 355	-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1500	-1500	-1900
355 – 400		-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100
400 – 450	-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400
450 – 500		-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600

Приложение 2

Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки (по ГОСТ 25347-82)

Таблица П.2.1 – Поля допусков валов для размеров до 500 мм

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Поля допусков для качества 6										
	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
	Предельные отклонения, мкм										
До 3	-6	-2	0	+3,0	+6	+8	+10	+12	+16	+20	-
	-12	-8	-6	-3,0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-
3 – 6	-10	-4	0	+4,0	+9	+12	+16	+20	+23	+27	-
	-18	-12	-8	-4,0	+1	+4	+8	+12	+15	+19	-
6 – 10	-13	-5	0	+4,5	+10	+15	+19	+24	+28	+32	-
	-12	-14	-9	-4,5	+1	+6	+10	+15	+19	+23	-
10 – 14	-16	-6	0	+5,5	+12	+18	+23	+29	+34	+39	-
14 – 18	-27	-17	-11	-5,5	+1	+7	+12	+18	+23	+28	-
18 – 24	-20	-7	0	+6,5	+15	+21	+28	+35	+41	+48	-
24 – 30	-33	-20	-13	-6,5	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+54
											+41
30 – 40	-25	-9	0	+8,0	+18	+25	+33	+42	+50	+59	+64
40 – 50	-41	-25	-16	-8,0	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+48
											+70
											+54
50 – 65	-30	-10	0	+9,5	+21	+30	+39	+51	+60	+72	+85
65 – 80	-49	-29	-19	-9,5	+2	+11	+20	+32	+41	+53	+66
									+62	+78	+94
									+43	+59	+75
80 – 100	-36	-12	0	+11,0	+25	+35	+45	+59	+73	+93	+113
100 – 120	-58	-34	-22	-11,0	+3	+13	+23	+37	+51	+71	+91
									+76	+101	+126
									+54	+79	+104
120 – 140									+88	+117	+147
140 – 160	-43	-14	0	+12,5	+28	+40	+52	+68	+63	+92	+122
	-68	-39	-25	-12,5	+3	+15	+27	+43	+90	+125	+159
160 – 180									+65	+100	+134
									+93	+133	+171
									+68	+108	+146
180 – 200									+106	+151	+195
200 – 225	-50	-15	0	+14,5	+33	+46	+60	+79	+77	+122	+166
	-79	-44	-29	-14,5	+4	+17	+31	+50	+109	+159	+209
225 – 250									+80	+130	+180
									+113	+169	+225
									+84	+140	+196
250 – 280	-56	-17	0	+16,0	+36	+52	+66	+88	+126	+190	+250
280 – 315	-88	-49	-32	-16,0	+4	+20	+34	+56	+94	+158	+218
									+130	+202	+272
									+98	+170	+240
315 – 355	-62	-18	0	+18,0	+40	+57	+73	+98	+144	+226	+304
355 – 400	-98	-54	-36	-18,0	+4	+21	+37	+62	+108	+190	+268
									+150	+244	+330
									+114	+208	+294

Продолжение *таблицы П.2.1*

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Поля допусков для калитета 7								
	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7
	Предельные отклонения, мкм								
До 3	-14	-6	0	+5	+10	-	+14	+24	+28
	-24	-16	-10	-5	0	-	+4	+14	+18
3 – 6	-20	-10	0	+6	+13	+16	+20	+31	+35
	-32	-22	-12	-6	+1	+4	+8	+19	+23
6 – 10	-25	-13	0	+7	+16	+21	+25	+38	+43
	-40	-28	-15	-7	+1	+6	+10	+23	+28
10 – 14	-32	-16	0	+9	+19	25	+30	+46	+51
14 – 18	-50	-34	-18	-9	+1	+7	+12	+28	+33
18 – 24	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
24 – 30	-40	-20	0	+10	+23	+29	+36	+56	+62
	-61	-41	-21	-10	+2	+8	+15	+35	+41
30 – 40	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
40 – 50	-50	-25	0	+12	+27	+34	+42	+68	+85
	-75	-50	-25	-12	+2	+9	+17	+43	+60
50 – 65	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
65 – 80	-60	-30	0	+15	+32	+41	+50	+83	+117
	-90	-60	-30	-15	+2	+11	+20	+53	+87
80 – 100	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
100 – 120	-72	-36	0	+17	+38	+48	+58	+106	+159
	-107	-71	-35	-17	+3	+13	+23	+71	+124
120 – 140	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
140 – 160	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
160 – 180	-85	-43	0	+20	+43	+55	+67	+132	+210
	-125	-83	-40	-20	+3	+15	+27	+92	+170
180 – 200	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	-23	+4	+17	+31	+122	+236
200 – 225	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	-23	+4	+17	+31	+122	+236
225 – 250	-100	-50	0	+23	+50	+63	+77	+168	+282
	-146	-96	-46	-23	+4	+17	+31	+122	+236
250 – 280	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+210	+367
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+158	+315
280 – 315	-110	-56	0	+26	+56	+72	+86	+210	+367
	-162	-108	-52	-26	+4	+20	+34	+158	+315
315 – 355	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+247	+447
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+190	+390
355 – 400	-125	-62	0	+28	+61	+78	+94	+247	+447
	-182	-119	-57	-28	+4	+21	+37	+190	+390
								+265	+492
								+208	+435

Продолжение **таблицы П.2.1**

Интервал размеров, мм, свыше – до включи- тельно	Поля допусков для квалитетов 8 и 9													
	c8	d8	e8	f8	h8	js8 ^x	u8	x8	z8	d9	e9	f9	h9	js9 ^x
	Предельные отклонения, мкм													
До 3	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	+40	-20	-14	-6	0	+12
	-74	-34	-28	-20	-14	-7	+18	+20	+26	-45	-39	-31	-25	-12
3 – 6	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	+53	-30	-20	-10	0	+15
	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	+35	-60	-50	-40	-30	-15
6 – 10	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	+64	-40	-25	-13	0	+18
	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	+42	-76	-61	-49	-36	-18
10 – 14	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+40	+50	-50	-32	-16	0	+21
14 – 18	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+72	+87	-93	-75	-59	-43	-21
								+45	+60					
18 – 24	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	+106	-65	-40	-20	0	+26
24 – 30	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	+73	-117	-92	-72	-52	-26
							+81	+97	+121					
30 – 40	-120	-80	-50	-25	0	+19	+99	+119	+151	-80	-50	-25	0	+31
40 – 50	-159	-119	-89	-64	-39	-19	+60	+80	+112	-142	-112	-87	-62	-31
	-130						+109	+136	+175					
50 – 65	-140	-100	-60	-30	0	+23	+133	+168	+218	-100	-60	-30	0	+37
65 – 80	-186	-146	-106	-76	-46	-23	+87	+122	+172	-174	-134	-104	-74	-37
	-150						+148	+192	+256					
80 – 100	-170	-120	-72	-36	0	+27	+178	+232	+312	-120	-72	-36	0	+43
100 – 120	-224	-174	-126	-90	-54	-27	+124	+178	+258	-207	-159	-123	-87	-43
	-180						+198	+264	+364					
120 – 140	-200						+233	+311	+428					
140 – 160	-263	-145	-85	-43	0	+31	+170	+248	+365	-145	-85	-43	0	+50
	-210	-208	-148	-106	-63	-31	+253	+343	+478	-245	-185	-143	-100	-50
160 – 180	-230						+190	+280	+415					
180 – 200	-273						+273	+373	+528					
	-293						+210	+310	+465					
200 – 225	-240	-170	-100	-50	0	+36	+308	+422	+592	-170	-100	-50	0	+57
225 – 250	-312	-242	-172	-122	-72	-36	+236	+350	+520	-285	-215	-165	-115	-57
	-260						+330	+457	+647					
250 – 280	-332	-190	-110	-56	0	+40	+258	+385	+575	-190	-110	-56	0	+65
280 – 315	-280	-271	-191	-137	-81	-40	+366	+497	+712	-320	-240	-186	-130	-65
	-352						+284	+425	+640					
250 – 280	-300						+396	+556	+791					
280 – 315	-381						+315	+475	+710					
	-411						+431	+606	+871					
							+350	+525	+790					

Продолжение *таблицы П.2.1*

Интервал размеров, мм, свыше – до включи- тельно	Поля допусков для квалитетов 10, 11, 12											
	d10	h10	js10 ^x	a11	b11	c11	d11	h11	js11 ^x	b12	h12	js12 ^x
	Предельные отклонения, мкм											
До 3	-20	0	+20	-270	-140	-60	-20	0	+30	-140	0	+50
	-60	-40	-20	-330	-200	-120	-80	-60	-30	-240	-100	-50
3 – 6	-30	0	+24	-270	-140	-70	-30	0	+37	-140	0	+60
	-78	-48	-24	-345	-215	-145	-105	-75	-37	-260	-120	-60
6 – 10	-40	0	+29	-280	-150	-80	-40	0	+45	-150	0	+75
	-98	-58	-29	-370	-240	-170	-130	-90	-45	-300	-150	-75
10 – 14	-50	0	+35	-290	-150	-95	-50	0	+55	-150	0	+90
14 – 18	-120	-70	-35	-400	-260	-205	-160	-110	-55	-330	-180	-90
18 – 24	-65	0	+42	-300	-160	-110	-65	0	+65	-160	0	+105
24 – 30	-149	-84	-42	-430	-290	-240	-195	-130	-65	-370	-210	-105
30 – 40	-80	0	+50	-310	-170	-120	-80	0	+80	-170	0	+125
	-180	-100	-50	-470	-330	-280	-240	-160	-80	-420	-250	-125
40 – 50				-320	-180	-130				-180		
				-480	-340	-290				-430		
50 – 65	-100	0	+60	-340	-190	-140	-100	0	+95	-190	0	+150
	-220	-120	-60	-530	-380	-330	-290	-190	-95	-490	-300	-150
65 – 80				-360	-200	-150				-200		
				-550	-390	-340				-500		
80 – 100	-120	0	+70	-380	-220	-170	-120	0	+110	-220	0	+175
	-260	-140	-70	-600	-440	-390	-340	-220	-110	-570	-350	-175
100 – 120				-410	-240	-180				-240		
				-630	-460	-400				-590		
120 – 140				-460	-260	-200				-260		
				-710	-610	-450				-660		
140 – 160	-145	0	+80	-520	-280	-210	-145	0	+125	-280	0	+200
	-305	-160	-80	-770	-530	-460	-395	-250	-125	-680	-400	-200
160 – 180				-580	-310	-230				-310		
				-830	-560	-480				-710		
180 – 200				-660	-340	-240				-340		
				-950	-630	-530				-800		
200 – 225	-170	0	+92	-740	-380	-260	-170	0	+145	-380	0	+230
	-355	-185	-92	-1030	-670	-550	-460	-290	-145	-840	-460	-230
225 – 250				-820	-420	-280				-420		
				-1110	-710	-570				-880		
250 – 280	-190	0	-105	-920	-480	-300	-190	0	+160	-480	0	+260
	-400	-210	-105	-1240	-800	-620	-510	-320	-160	-1000	-520	-260
280 – 315				-1050	-540	-330				-540		
				-1370	-860	-650				-1060		
315 – 355	-210	0	-115	-1200	-600	-360	-210	0	+180	-600	0	+285
	-440	-230	-115	-1560	-960	-720	-570	-360	-180	-1170	-570	-285
355 – 400				-1350	-680	-400				-680		
				-1710	-1040	-760				-1250		

Продолжение **таблицы П.2.1**

Интервал размеров, мм, свыше – до включи- тельно	Поля допусков для квалитетов 13, 14, 15, 16, 17									
	h13 ^x	js13 ^x	h14 ^x	js14 ^x	h15 ^x	js15 ^x	h16 ^x	js16 ^x	h17 ^x	js17 ^x
	Предельные отклонения, мкм									
До 3	0	+70	0	+125	0	+200	0	+300	0	+500
	-140	-70	-250	-125	-400	-200	-600	-300	-1000	-500
3 – 6	0	+90	0	+150	0	+240	0	+375	0	+600
	-180	-90	-300	-150	-480	-240	-750	-375	-1200	-600
6 – 10	0	+110	0	+180	0	+290	0	+450	0	+750
	-220	-110	-360	-180	-580	-290	-900	-450	-1500	-750
10 – 14	0	+135	0	+215	0	+350	0	+550	0	+900
14 – 18	-270	-135	-430	+215	-700	-350	-1100	-550	-1800	-900
18 – 24	0	+165	0	+260	0	+420	0	+650	0	+1050
24 – 30	-330	-165	-520	-260	-840	-420	-1300	-650	-2100	-1050
30 – 40	0	+195	0	+310	0	+500	0	+800	0	+1250
40 – 50	-390	-195	-620	-310	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250
50 – 65	0	+230	0	+370	0	+600	0	+950	0	+1500
65 – 80	-460	-230	-740	-370	-1200	-600	-1900	-950	-3000	-1500
80 – 100	0	+270	0	+435	0	+700	0	+1100	0	+1750
100 – 120	-540	-270	-870	-435	-1400	-700	-2200	-1100	-3500	-1750
120 – 140	0	+315	0	+500	0	+800	0	+1250	0	+2000
140 – 160	-630	-315	-1000	-500	-1600	-800	-2500	-1250	-4000	-2000
160 – 180	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300
180 – 200	0	+360	0	+575	0	+925	0	+1450	0	+2300
200 – 225	-720	-360	-1150	-575	-1850	-925	-2900	-1450	-4600	-2300
225 – 250	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600
250 – 280	0	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600	0	+2600
280 – 315	-810	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600	-5200	-2600
315 – 355	0	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800	0	+2850
355 – 400	-890	-445	-1400	-700	-2300	-1150	-3600	-1800	-5700	-2850
400 – 450	0	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000	0	+3150
450 – 500	-970	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000	-6300	-3150

Примечания.

1. – предпочтительные поля допусков (их обозначения приведены в рамках жирной линией).
2. ^x Поля допусков, как правило, не используемые для посадок.

Таблица П.2.2 – Поля допусков отверстий для размеров до 500 мм

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Поля допусков для квалитетов 5 и 6												
	G5	H5	J _s 5	K5	M5	N5	G6	H6	J _s 6	K6	M6	N6	P6
	Предельные отклонения, мкм												
До 3	+6	+4	+2.0	0	-2	-4	+8	+6	+3.0	0	-2	-4	-6
	+2	0	-2.0	-4	-6	-8	+2	0	-3.0	-6	-8	-10	-12
3 – 6	+9	+5	+2.5	0	-3	-7	+12	+8	+4.0	+2	-1	-5	-9
	+4	0	-2.5	-5	-8	-12	+4	0	-4.0	-6	-9	-13	-17
6 – 10	+11	+6	+3.0	+1	-4	-8	+14	+9	+4.5	+2	-3	-7	-12
	+5	0	-3.0	-5	-10	-14	+5	0	-4.5	-7	-12	-16	-21
10 – 14	+14	+8	+4.0	+2	-4	-9	+17	+11	+5.5	+2	-4	-9	-15
	+6	0	-4.0	-6	-12	-17	+6	0	-5.5	-9	-15	-20	-26
14 – 18	+14	+8	+4.0	+2	-4	-9	+17	+11	+5.5	+2	-4	-9	-15
	+6	0	-4.0	-6	-12	-17	+6	0	-5.5	-9	-15	-20	-26
18 – 24	+16	+9	+4.5	+1	-5	-12	+20	+13	+6.5	+2	-4	-11	-18
	+7	0	-4.5	-8	-14	-21	+7	0	-6.5	-11	-17	-24	-31
24 – 30	+16	+9	+4.5	+1	-5	-12	+20	+13	+6.5	+2	-4	-11	-18
	+7	0	-4.5	-8	-14	-21	+7	0	-6.5	-11	-17	-24	-31
30 – 40	+20	+11	+5.5	+2	-5	-13	+25	+16	+8.0	+3	-4	-12	-21
	+9	0	-5.5	-9	-16	-24	+9	0	-8.0	-13	-20	-28	-37
40 – 50	+20	+11	+5.5	+2	-5	-13	+25	+16	+8.0	+3	-4	-12	-21
	+9	0	-5.5	-9	-16	-24	+9	0	-8.0	-13	-20	-28	-37
50 – 65	+23	+13	+6.5	+3	-6	-15	+29	+19	+9.5	+4	-5	-14	-26
	+10	0	-6.5	-10	-19	-28	+10	0	-9.5	-15	-24	-33	-45
65 – 80	+23	+13	+6.5	+3	-6	-15	+29	+19	+9.5	+4	-5	-14	-26
	+10	0	-6.5	-10	-19	-28	+10	0	-9.5	-15	-24	-33	-45
80 – 100	+27	+15	+7.5	+2	-8	-18	+34	+22	+11.0	+4	-6	-16	-30
	+12	0	-7.5	-13	-23	-33	+12	0	-11.0	-18	-28	-38	-52
100 – 120	+27	+15	+7.5	+2	-8	-18	+34	+22	+11.0	+4	-6	-16	-30
	+12	0	-7.5	-13	-23	-33	+12	0	-11.0	-18	-28	-38	-52
120 – 140	+32	+18	+9.0	+3	-9	-21	+39	+25	+12.5	+4	-8	-20	-36
	+14	0	-9.0	-15	-27	-39	+14	0	-12.5	-21	-33	-45	-61
140 – 160	+32	+18	+9.0	+3	-9	-21	+39	+25	+12.5	+4	-8	-20	-36
	+14	0	-9.0	-15	-27	-39	+14	0	-12.5	-21	-33	-45	-61
160 – 180	+32	+18	+9.0	+3	-9	-21	+39	+25	+12.5	+4	-8	-20	-36
	+14	0	-9.0	-15	-27	-39	+14	0	-12.5	-21	-33	-45	-61
180 – 200	+35	+20	+10.0	+2	-11	-25	+44	+29	+14.5	+5	-8	-22	-41
	+15	0	-10.0	-18	-31	-45	+15	0	-14.5	-24	-37	-51	-70
200 – 225	+35	+20	+10.0	+2	-11	-25	+44	+29	+14.5	+5	-8	-22	-41
	+15	0	-10.0	-18	-31	-45	+15	0	-14.5	-24	-37	-51	-70
225 – 250	+35	+20	+10.0	+2	-11	-25	+44	+29	+14.5	+5	-8	-22	-41
	+15	0	-10.0	-18	-31	-45	+15	0	-14.5	-24	-37	-51	-70
250 – 280	+40	+23	+11.5	+3	-13	-27	+49	+32	+16.0	+5	-9	-25	-47
	+17	0	-11.5	-20	-36	-50	+17	0	-16.0	-27	-41	-57	-79
280 – 315	+40	+23	+11.5	+3	-13	-27	+49	+32	+16.0	+5	-9	-25	-47
	+17	0	-11.5	-20	-36	-50	+17	0	-16.0	-27	-41	-57	-79
315 – 355	+43	+25	+12.5	+3	-14	-30	+54	+36	+18.0	+7	-10	-26	-51
	+18	0	-12.5	-22	-39	-55	+18	0	-18.0	-29	-46	-62	-87
355 – 400	+43	+25	+12.5	+3	-14	-30	+54	+36	+18.0	+7	-10	-26	-51
	+18	0	-12.5	-22	-39	-55	+18	0	-18.0	-29	-46	-62	-87
400 – 450	+47	+27	+13.5	+2	-16	-33	+60	+40	+20.0	+8	-10	-27	-55
	+20	0	-13.5	-25	-43	-60	+20	0	-20.0	-32	-50	-67	-95
450 – 500	+47	+27	+13.5	+2	-16	-33	+60	+40	+20.0	+8	-10	-27	-55
	+20	0	-13.5	-25	-43	-60	+20	0	-20.0	-32	-50	-67	-95

Продолжение **таблицы П.2.2**

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Поля допусков для качества 7										
	F7	G7	H7	Js7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Предельные отклонения, мкм										
До 3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-10 -20	-14 -24	-
3 – 6	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-11 -23	-15 -27	-
6 – 10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-13 -28	-17 -32	-
10 – 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	-
14 – 18	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	-
18 – 24	+41	+28	+21	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	-
24 – 30	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-33 -54
30 – 40	+50	+34	+25	+12	+7	0	-8	-17	-25	-34	-39 -64
40 – 50	+25	+9	0	-12	-18	-25	-33	-42	-50	-59	-45 -70
50 – 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30 -60	-42 -72	-55 -85
65 – 80	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-32 -62	-48 -78	-64 -94
80 – 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38 -73	-58 -93	-78 -113
100 – 120	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-41 -76	-66 -101	-91 -126
120 – 140									-48 -88	-77 -117	-107 -147
140 – 160	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-50 -90	-85 -125	-119 -159
160 – 180									-53 -93	-93 -133	-131 -171
180 – 200									-60 -106	-105 -151	-149 -195
200 – 225	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-63 -109	-113 -159	-163 -209
225 – 250									-67 -113	-123 -169	-179 -225
250 – 280	+108	+69	+52	+26	+16	0	-14	-36	-74 -126	-138 -190	-198 -250
280 – 315	+56	+17	0	-26	-36	-52	-66	-88	-78 -130	-150 -202	-220 -272
315 – 355	+119	+75	+57	+28	+17	0	-16	-41	-87 -144	-169 -226	-247 -304
355 – 400	+62	+18	0	-28	-40	-57	-73	-98	-93 -150	-187 -244	-273 -330

Продолжение *таблицы П.2.2*

Интервал размеров, мм, свыше – до вклю- чительно	Поля допусков для квалитетов 8 и 9													
	D8	E8	F8	H8	Js8	K8	M8	N8	U8	D9	E9	F9	H9	Js9 ^x
	Предельные отклонения, мкм													
До 3	+34	+28	+20	+14	+7	0	–	–4	–18	+45	+39	+31	+25	+12
	+20	+14	+6	0	–7	–14	–	–18	–32	+20	+14	+6	0	–12
3 – 6	+48	+38	+28	+18	+9	+5	+2	–2	–23	+60	+50	+40	+30	+15
	+30	+20	+10	0	–9	–13	–16	–20	–41	+30	+20	+10	0	–15
6 – 10	+62	+47	+35	+22	+11	+6	+1	–3	–28	+76	+61	+49	+36	+18
	+40	+25	+13	0	–11	–16	–21	–25	–50	+40	+25	+13	0	–18
10 – 14	+77	+59	+43	+27	+13	+8	+2	–3	–33	+93	+75	+59	+43	+21
14 – 18	+50	+32	+16	0	–13	–19	–25	–30	–60	+50	+32	+16	0	–21
18 – 24	+98	+73	+53	+33	+16	+10	+4	–3	–41	+117	+92	+72	+52	+26
24 – 30	+65	+40	+20	0	–16	–23	–29	–36	–74	+65	+40	+20	0	–26
									–81					
30 – 40	+119	+89	+64	+39	+19	+12	+5	–3	–60	+142	+112	+87	+62	+31
40 – 50	+80	+50	+25	0	–19	–27	–34	–42	–99	+80	+50	+25	0	–31
									–109					
50 – 65	+146	+106	+76	+46	+23	+14	+5	–4	–87	+174	+134	+104	+74	+37
65 – 80	+100	+60	+30	0	–23	–32	–41	–50	–133	+100	+60	+30	0	–37
									–102					
80 – 100	+174	+126	+90	+54	+27	+16	+6	–4	–124	+207	159	+123	+87	+43
100 – 120	+120	+72	+36	0	–27	–38	–48	–58	–178	+120	+72	+36	0	–43
									–144					
120 – 140									–198					
140 – 160	+208	+148	+106	+63	+31	+20	+8	–4	–170	+245	+185	+143	+100	+50
	+145	+85	+43	0	–31	–43	–55	–67	–233	+145	+85	+43	0	–50
160 – 180									–190					
									–253					
									–210					
									–273					
180 – 200									–236					
200 – 225	+242	+172	+122	+72	+36	+22	+9	–5	–308	+285	+215	+165	+115	+57
	+170	+100	+50	0	–36	–50	–63	–77	–258	+170	+100	+50	0	–57
225 – 250									–330					
									–284					
									–356					
250 – 280	+271	+191	+137	+81	+40	+25	+9	–5	–315	+320	+240	+186	+130	+65
280 – 315	+190	+110	+56	0	40	–56	–72	–86	–396	+190	+110	+56	0	–65
									–350					
									–431					
315 – 355	+299	+214	+151	+89	+44	+28	+11	–5	–390	+350	+265	+202	+140	+70
355 – 400	+210	+125	+62	0	–44	–61	–78	–94	–479	+210	+125	+62	0	–70
									–435					
									–524					

Продолжение **таблицы П.2.2**

Интервал размеров, мм, свыше – до включительно	Поля допусков для квалитетов 10, 11, 12											
	D10	H10	J _s 10 ^x	A11	B11	C11	D11	H11	J _s 11 ^x	B12	H12	J _s 12 ^x
	Предельные отклонения, мкм											
До 3	+60	+40	+20	+330	+200	+120	+80	+60	+30	+240	+100	+50
	+20	0	-20	+270	+140	+60	+20	0	-30	+140	0	-50
3 – 6	+78	+48	+24	+345	+215	+145	+105	+75	+37	+260	+120	+60
	+30	0	-24	+270	+140	+70	+30	0	-37	+140	0	-60
6 – 10	+98	+58	+29	+370	+240	+170	+130	+90	+45	+300	+150	+75
	+40	0	-29	+280	+150	+80	+40	0	-45	+150	0	-75
10 – 14	+120	+70	+35	+400	+260	+205	+160	+110	+55	+330	+180	+90
14 – 18	+50	0	-35	+290	+150	+95	+50	0	-55	+150	0	-90
18 – 24	+149	+84	+42	+430	+290	+240	+195	+130	+65	+370	+210	+105
24 – 30	+65	0	-42	+300	+160	+110	+65	0	-65	+160	0	-105
30 – 40	+180	+100	+50	+470	+330	+280	+240	+160	+80	+420	+250	+125
	+80	0	-50	+310	+170	+120	+80	0	-80	+170	0	-125
40 – 50				+480	+340	+290				+430		
				+320	+180	+130				+180		
50 – 65	+220	+120	+60	+530	+380	+330	+290	+190	+95	+490	+300	+150
	+100	0	-60	+340	+190	+140	+100	0	-95	+190	0	-150
65 – 80				+550	+390	+340				+500		
				+360	+200	+150				+200		
80 – 100	+260	+140	+70	+600	+440	+390	+340	+220	+110	+570	+350	+175
	+120	0	-70	+380	+220	+170	+120	0	-110	+220	0	-175
100 – 120				+630	+460	+400				+590		
				+410	+240	+180				+240		
120 – 140				+710	+510	+450				+660		
				+460	+260	+200				+260		
140 – 160	+305	+160	+80	+770	+530	+460	+395	+250	+125	+680	+400	+200
	+145	0	-80	+520	+280	+210	+145	0	-125	+280	0	-200
160 – 180				+830	+560	+480				+710		
				+580	+310	+230				+310		
180 – 200				+950	+630	+530				+800		
				+660	+340	+240				+340		
200 – 225	+355	+185	+92	+1030	+670	+550	+460	+290	+145	+840	+460	+230
	+170	0	-92	+740	+380	+260	+170	0	-145	+380	0	-230
225 – 250				+1110	+710	+570				+880		
				+820	+420	+280				+420		
250 – 280	+400	+210	+105	+1240	+800	+620	+510	+320	+160	+1000	+520	+260
	+190	0	-105	+920	+480	+300	+190	0	-160	+480	0	-260
280 – 315				+1370	+860	+650				+1060		
				+1050	+540	+330				+540		
315 – 355	+440	+230	+115	+1560	+960	+720	+570	+360	+180	+1170	+570	+285
	+210	0	-115	+1200	+600	+360	+210	0	-180	+600	0	-285
355 – 400				+1710	+1040	+760				+1250		
				+1350	+680	+400				+680		

Продолжение **таблицы П.2.2**

Интервал размеров, мм, свыше – до включи- тельно	Поля допусков для квалитетов 13, 14, 15, 16, 17									
	H13 ^x	J _S 13 ^x	H14 ^x	J _S 14 ^x	H15 ^x	J _S 15 ^x	H16 ^x	J _S 16 ^x	H17 ^x	J _S 17 ^x
	Предельные отклонения, мкм									
До 3	+140	+70	+250	+125	+400	+200	+600	+300	+1000	+500
	0	-70	0	-125	0	-200	0	-300	0	-500
3 – 6	+180	+90	+300	+150	+480	+240	+750	+375	+1200	+600
	0	-90	0	-150	0	-240	0	-375	0	-600
6 – 10	+220	+110	+360	+180	+580	+290	+900	+450	+1500	+750
	0	-110	0	-180	0	-290	0	-450	0	-750
10 – 14	+270	+135	+430	+215	+700	+350	+1100	+550	+1800	+900
	0	-135	0	-215	0	-350	0	-550	0	-900
14 – 18	+270	+135	+430	+215	+700	+350	+1100	+550	+1800	+900
	0	-135	0	-215	0	-350	0	-550	0	-900
18 – 24	+330	+165	+520	+260	+840	+420	+1300	+650	+2100	+1050
	0	-165	0	-260	0	-420	0	-650	0	-1050
24 – 30	+330	+165	+520	+260	+840	+420	+1300	+650	+2100	+1050
	0	-165	0	-260	0	-420	0	-650	0	-1050
30 – 40	+390	+195	+620	+310	+1000	+500	+1600	+800	+2500	+1250
	0	-195	0	-310	0	-500	0	-800	0	-1250
40 – 50	+390	+195	+620	+310	+1000	+500	+1600	+800	+2500	+1250
	0	-195	0	-310	0	-500	0	-800	0	-1250
50 – 65	+460	+230	+740	+370	+1200	+600	+1900	+950	+3000	+1500
	0	-230	0	-370	0	-600	0	-950	0	-1500
65 – 80	+460	+230	+740	+370	+1200	+600	+1900	+950	+3000	+1500
	0	-230	0	-370	0	-600	0	-950	0	-1500
80 – 100	+540	+270	+870	+435	+1400	+700	+2200	+1100	+3500	+1750
	0	-270	0	-435	0	-700	0	-1100	0	-1750
100 – 120	+540	+270	+870	+435	+1400	+700	+2200	+1100	+3500	+1750
	0	-270	0	-435	0	-700	0	-1100	0	-1750
120 – 140	+630	+315	+1000	+500	+1600	+800	+2500	+1250	+4000	+2000
	0	-315	0	-500	0	-800	0	-1250	0	-2000
140 – 160	+630	+315	+1000	+500	+1600	+800	+2500	+1250	+4000	+2000
	0	-315	0	-500	0	-800	0	-1250	0	-2000
160 – 180	+630	+315	+1000	+500	+1600	+800	+2500	+1250	+4000	+2000
	0	-315	0	-500	0	-800	0	-1250	0	-2000
180 – 200	+720	+360	+1150	+575	+1850	+925	+2900	+1450	+4600	+2300
	0	-360	0	-575	0	-925	0	-1450	0	-2300
200 – 225	+720	+360	+1150	+575	+1850	+925	+2900	+1450	+4600	+2300
	0	-360	0	-575	0	-925	0	-1450	0	-2300
225 – 250	+720	+360	+1150	+575	+1850	+925	+2900	+1450	+4600	+2300
	0	-360	0	-575	0	-925	0	-1450	0	-2300
250 – 280	+810	+405	+1300	+650	+2100	+1050	+3200	+1600	+5200	+2600
	0	-405	0	-650	0	-1050	0	-1600	0	-2600
280 – 315	+810	+405	+1300	+650	+2100	+1050	+3200	+1600	+5200	+2600
	0	-405	0	-650	0	-1050	0	-1600	0	-2600
315 – 355	+890	+445	+1400	+700	+2300	+1150	+3600	+1800	+5700	+2850
	0	-445	0	-700	0	-1150	0	-1800	0	-2850
355 – 400	+890	+445	+1400	+700	+2300	+1150	+3600	+1800	+5700	+2850
	0	-445	0	-700	0	-1150	0	-1800	0	-2850
400 – 450	+970	+485	+1550	+775	+2500	+1250	+4000	+2000	+6300	+3150
	0	-485	0	-775	0	-1250	0	-2000	0	-3150
450 – 500	+970	+485	+1550	+775	+2500	+1250	+4000	+2000	+6300	+3150
	0	-485	0	-775	0	-1250	0	-2000	0	-3150

Примечания.

1. – предпочтительные поля допусков (их обозначения приведены в рамках жирной линией).
2. ^x Поля допусков, как правило, не используемые для посадок.

Таблица П.2.3 – Рекомендуемые посадки в системе отверстия для размеров до 500 мм

Основ- ные отвер- стия	Основные отклонения валов																		
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z
	Посадки																		
H5							$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$							
H6						$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$				
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}, \frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}, \frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$		
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f7}, \frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}, \frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$		$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
H9					$\frac{H9}{e8}, \frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f8}, \frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h8}, \frac{H9}{h9}$											
H10								$\frac{H10}{h9}, \frac{H10}{h10}$											
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$											
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$											

Таблица П.2.4 – Рекомендуемые посадки в системе вала для размеров до 500 мм

Основ- ные валы	Основные отклонения отверстий																
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U
	Посадки																
h5							G5 $\frac{H5}{h4}$	H5 $\frac{H5}{h4}$	Js5 $\frac{h4}{h4}$	K5 $\frac{h4}{h4}$	M5 $\frac{h4}{h4}$	N5 $\frac{h4}{h4}$					
h5						F6 $\frac{h5}{h5}$	G6 $\frac{H6}{h5}$	H6 $\frac{H6}{h5}$	Js6 $\frac{h5}{h5}$	K6 $\frac{h5}{h5}$	M6 $\frac{h5}{h5}$	N6 $\frac{h5}{h5}$	P6 $\frac{h5}{h5}$				
h6				D8 $\frac{h6}{h6}$	E8 $\frac{h6}{h6}$	F7 $\frac{h6}{h6}$, F8 $\frac{h6}{h6}$	G7 $\frac{H7}{h6}$	H7 $\frac{H7}{h6}$	Js7 $\frac{h6}{h6}$	K7 $\frac{h6}{h6}$	M7 $\frac{h6}{h6}$	N7 $\frac{h6}{h6}$	P7 $\frac{h6}{h6}$	R7 $\frac{h6}{h6}$	S7 $\frac{h6}{h6}$	T7 $\frac{h6}{h6}$	U8 $\frac{h7}{h7}$
h7				D8 $\frac{h7}{h7}$	E8 $\frac{h7}{h7}$	F8 $\frac{h7}{h7}$		H8 $\frac{H8}{h7}$	Js8 $\frac{h7}{h7}$	K8 $\frac{h7}{h7}$	M8 $\frac{h7}{h7}$	N8 $\frac{h7}{h7}$					
h8				D8 $\frac{h8}{h8}$, D9 $\frac{h8}{h8}$	E8 $\frac{h8}{h8}$, E9 $\frac{h8}{h8}$	F8 $\frac{h8}{h8}$, F9 $\frac{h8}{h8}$		H8 $\frac{H8}{h8}$, H9 $\frac{H9}{h8}$									
h9				D9 $\frac{h9}{h9}$, D10 $\frac{h9}{h9}$	E9 $\frac{h9}{h9}$	F9 $\frac{h9}{h9}$		H8 $\frac{H8}{h9}$, H9 $\frac{H9}{h9}$, H10 $\frac{H10}{h9}$									
h10				D10 $\frac{h10}{h10}$				H10 $\frac{H10}{h10}$									
h11	A11 $\frac{h11}{h11}$	B11 $\frac{h11}{h11}$	C11 $\frac{h11}{h11}$	D11 $\frac{h11}{h11}$				H11 $\frac{H11}{h11}$									
h12		B12 $\frac{h12}{h12}$						H12 $\frac{H12}{h12}$									

Примечание. – предпочтительные посадки.

Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски
(по ГОСТ 24853-81)

П.3.1 Обозначения

- D, d – номинальный размер изделия
- D_{min}, d_{min} – минимальный предельный размер изделия
- D_{max}, d_{max} – максимальный предельный размер изделия
- T – допуск размера изделия
- H – допуск на изготовление рабочих калибров для отверстия
- H_1 – допуск на изготовление рабочих калибров для вала
- H_P – допуск на изготовление контрольного калибра для скобы
- Z – смещение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно минимального предельного размера изделия
- Z_1 – смещение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно максимального предельного размера изделия
- Y – величина допустимого выхода размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия
- Y_1 – величина допустимого выхода размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия

П.3.2 Схемы расположения полей допусков калибров

Поля допусков и отклонения калибров относительно поля допуска изделия «отверстие» квалитетов точности от 6 до 17 представлены на рисунке П.3.1.

Поля допусков и отклонения калибров относительно поля допуска изделия «вал» квалитетов точности от 6 до 17 представлены на рисунке П.3.2.

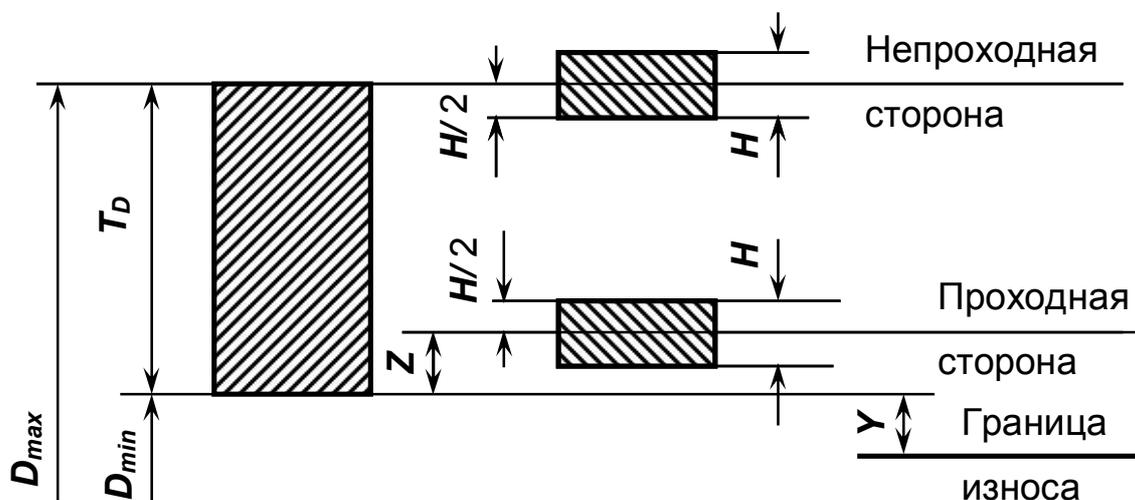


Рисунок П.3.1 – Расположение полей допусков калибров для отверстия

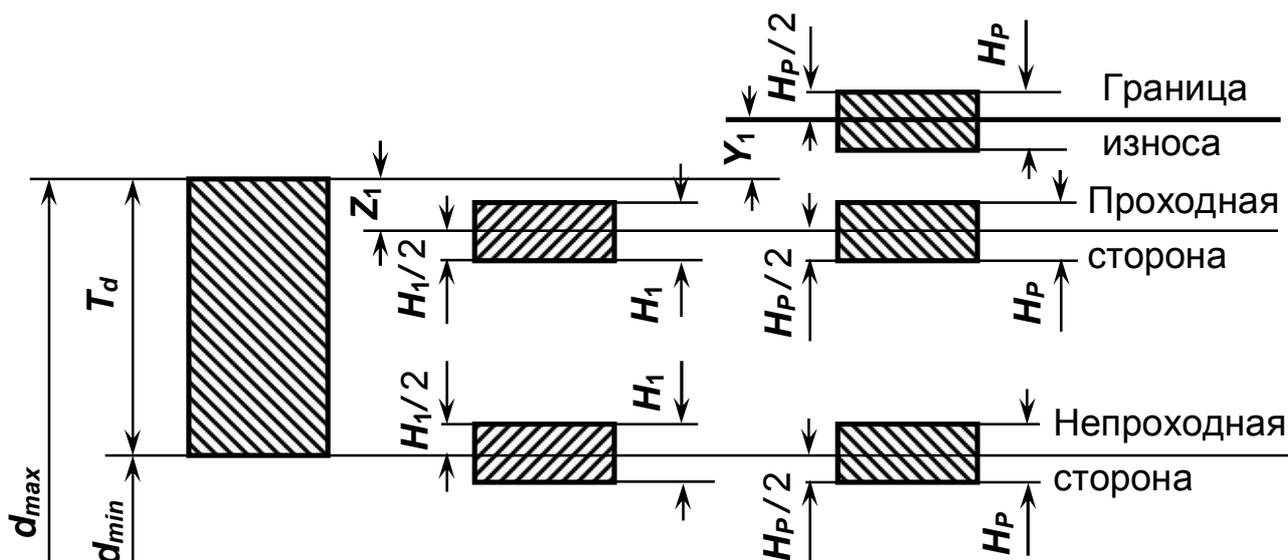


Рисунок П.3.2 – Расположение полей допусков калибров для вала

П.3.3 Формулы для определения размеров калибров

Таблица П.3.1

Калибр		Номинальный размер изделия, мм			
		до 180			
		Рабочий калибр		Контрольный калибр	
		Номинальный размер	Отклонения	Номинальный размер	Отклонения
Для отверстия	Проходная сторона новая	$D_{min} + Z$	$\pm \frac{H}{2}$	–	–
	Проходная сторона изношенная	$D_{min} - Y$	–	–	–
	Непроходная сторона	D_{max}	$\pm \frac{H}{2}$	–	–
Для вала	Проходная сторона новая	$d_{max} - Z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{max} - Z_1$	$\pm \frac{H_P}{2}$
	Проходная сторона изношенная	$d_{max} + Y_1$	–	$d_{max} + Y_1$	$\pm \frac{H_P}{2}$
	Непроходная сторона	d_{min}	$\pm \frac{H_1}{2}$	d_{min}	$\pm \frac{H_P}{2}$

Примечание. При расчете **исполнительных размеров** калибров необходимо пользоваться следующими правилами округления:

- округление размеров калибров (**максимального** для калибров-пробок и **минимального** для калибров-скоб) для изделий квалитетов 15–17 следует выполнять до целого

микрометра;

- для изделий квалитетов 6–14 и всех контрольных калибров размеры следует округлять до величин, кратных 0,5 мкм, с сохранением допуска калибра;

- исполнительные размеры следует округлять в сторону уменьшения производственного допуска изделия.

П.3.4 Размеры и допуски калибров

Таблица П.3.2

Квалитет допуска изделия	Обозначение	Интервалы размеров, мм, свыше – до включительно									Допуск на форму калибра
		До 3	3 – 6	6 – 10	10 – 18	18 – 30	30 – 50	50 – 80	80 – 120	120 – 180	
		Размеры и допуски, мкм									
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	IT1 IT2 IT1
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	
	Z₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	
	Y₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	
	H	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
	H₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H_P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	
7	Z, Z₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	IT2 IT1
	Y, Y₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	
	H, H₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H_P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2	3,5	
8	Z, Z₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9	IT2 IT3 IT1
	Y, Y₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	
9, 10	H_P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
	Z, Z₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	IT2 IT3 IT1
	Y, Y₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	
	H₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	
H_P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5		
11, 12	Z, Z₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	IT4 IT1
	Y, Y₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H, H₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	
	H_P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	
13, 14	Z, Z₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	IT5 IT2
	Y, Y₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H, H₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	
	H_P	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	

Приложение 4

Рекомендуемые значения допусков на отклонения формы и шероховатости для рабочих поверхностей гладких калибров

Таблица П.4.1 – Числовые значения допусков на отклонения формы гладких калибров

Интервал размеров, мм		Квалитет точности контролируемого изделия								
		6		7		8–10		11–12		6–12
		Допуск калибра								
		<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> _P
		Допуск формы калибров, мкм								
Свыше	До	<i>IT1</i>	<i>IT2</i>		<i>IT3</i>	<i>IT4</i>		<i>IT1</i>		
	3	0,8	1,2		2	3		0,8		
3	– 10	1	1,5		2,5	4		1		
10	– 18	1,2	2		3	5		1,2		
18	– 30	1,5	2,5		4	6		1,5		
30	– 50					7				
50	– 80	2	3		5	8		2		
80	– 120	2,5	4		6	10		2,5		
120	– 180	3,5	5		8	12		3,5		

Таблица П.4.2 – Числовые значения параметра шероховатости *R_a* для рабочих поверхностей калибров

Калибры	Квалитет точности контролируемых изделий	<i>R_a</i> , мкм, для размеров	
		от 0,1 до 100 мм	свыше 100 до 360 мм
Пробки ПР, НЕ-ПР	6	0,04	0,08
	7 ÷ 9	0,08	0,16
	10 ÷ 12	0,16	
	13 и выше	0,32	0,32
Скобы ПР, НЕ-ПР	6 ÷ 9	0,08	0,16
	10 ÷ 12	0,16	
	13 и выше	0,32	0,32
Контрольные калибры К-ПР, К-И, К-НЕ	6 ÷ 9	0,04	0,08
	10 и выше	0,08	0,16

Приложение 5

Числовые значения интегральной функции Лапласа $\Phi_0(z)$ и нормированной функции распределения $t(z)$

$$\Phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad t(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

z	t(z)	$\Phi_0(z)$	z	t(z)	$\Phi_0(z)$	z	t(z)	$\Phi_0(z)$
0,00	0,39894	0,0000	0,28	0,3836	0,1103	0,56	0,3410	0,2123
0,01	0,39892	0,0040	0,29	0,3825	0,1141	0,57	0,3391	0,2157
0,02	0,39886	0,0080	0,30	0,3814	0,1179	0,58	0,3372	0,2190
0,03	0,39876	0,0120	0,31	0,3802	0,1217	0,59	0,3352	0,2224
0,04	0,39862	0,0160	0,32	0,3790	0,1255	0,60	0,3332	0,2257
0,05	0,39844	0,0199	0,33	0,3778	0,1293	0,61	0,3312	0,2291
0,06	0,39822	0,0239	0,34	0,3765	0,1331	0,62	0,3292	0,2324
0,07	0,39797	0,0279	0,35	0,3752	0,1368	0,63	0,3271	0,2257
0,08	0,39767	0,0319	0,36	0,3739	0,1406	0,64	0,3251	0,2389
0,09	0,39733	0,0359	0,37	0,3725	0,1443	0,65	0,3230	0,2422
0,10	0,3970	0,0398	0,38	0,3712	0,1480	0,66	0,3209	0,2454
0,11	0,3965	0,0438	0,39	0,3697	0,1517	0,67	0,3187	0,2486
0,12	0,3961	0,0478	0,40	0,3683	0,1554	0,68	0,3166	0,2517
0,13	0,3956	0,0517	0,41	0,3668	0,1591	0,69	0,3144	0,2549
0,14	0,3951	0,0557	0,42	0,3653	0,1628	0,70	0,3123	0,2580
0,15	0,3949	0,0596	0,43	0,3637	0,1664	0,71	0,3101	0,2611
0,16	0,3939	0,0636	0,44	0,3621	0,1700	0,72	0,3079	0,2642
0,17	0,3932	0,0675	0,45	0,3605	0,1736	0,73	0,3056	0,2673
0,18	0,3925	0,0714	0,46	0,3589	0,1772	0,74	0,3034	0,2703
0,19	0,3918	0,0753	0,47	0,3572	0,1808	0,75	0,3011	0,2734
0,20	0,3910	0,0793	0,48	0,3555	0,1844	0,76	0,2989	0,2764
0,21	0,3902	0,0832	0,49	0,3538	0,1879	0,77	0,2966	0,2794
0,22	0,3894	0,0871	0,50	0,3521	0,1915	0,78	0,2943	0,2823
0,23	0,3885	0,0910	0,51	0,3503	0,1950	0,79	0,2920	0,2852
0,24	0,3876	0,0948	0,52	0,3485	0,1985	0,80	0,2897	0,2881
0,25	0,3867	0,0987	0,53	0,3467	0,2019	0,81	0,2874	0,2910
0,26	0,3857	0,1026	0,54	0,3448	0,2054	0,82	0,2850	0,2939
0,27	0,3847	0,1064	0,55	0,3429	0,2088	0,83	0,2827	0,2967

Продолжение приложения 5

z	t(z)	$\Phi_0(z)$	z	t(z)	$\Phi_0(z)$	z	t(z)	$\Phi_0(z)$
0,84	0,2803	0,2995	1,16	0,2036	0,3770	1,48	0,1334	0,4306
0,85	0,2780	0,3023	1,17	0,2012	0,3790	1,49	0,1315	0,4319
0,86	0,2756	0,3051	1,18	0,1989	0,3810	1,50	0,1295	0,4332
0,87	0,2732	0,3078	1,19	0,1965	0,3830	1,51	0,1276	0,4345
0,88	0,2709	0,3106	1,20	0,1942	0,3849	1,52	0,1257	0,4357
0,89	0,2685	0,3133	1,21	0,1919	0,3869	1,53	0,1238	0,4370
0,90	0,2661	0,3159	1,22	0,1895	0,3888	1,54	0,1219	0,4382
0,91	0,2639	0,3186	1,23	0,1872	0,3907	1,55	0,1200	0,4394
0,92	0,2613	0,3212	1,24	0,1849	0,3925	1,56	0,1182	0,4406
0,93	0,2589	0,3238	1,25	0,1826	0,3944	1,57	0,1163	0,4418
0,94	0,2565	0,3264	1,26	0,1804	0,3962	1,58	0,1145	0,4429
0,95	0,2541	0,3289	1,27	0,1781	0,3980	1,59	0,1127	0,4441
0,96	0,2516	0,3315	1,28	0,1758	0,3997	1,60	0,1109	0,4452
0,97	0,2492	0,3340	1,29	0,1736	0,4015	1,61	0,1092	0,4463
0,98	0,2468	0,3365	1,30	0,1714	0,4032	1,62	0,1074	0,4474
0,99	0,2444	0,3389	1,31	0,1691	0,4049	1,63	0,1057	0,4484
1,00	0,2420	0,3413	1,32	0,1669	0,4066	1,64	0,1040	0,4495
1,01	0,2396	0,3438	1,33	0,1647	0,4082	1,65	0,1023	0,4505
1,02	0,2371	0,3461	1,34	0,1626	0,4099	1,66	0,1006	0,4515
1,03	0,2347	0,3485	1,35	0,1604	0,4115	1,67	0,0989	0,4525
1,04	0,2323	0,3508	1,36	0,1582	0,4131	1,68	0,0973	0,4535
1,05	0,2299	0,3531	1,37	0,1561	0,4147	1,69	0,0957	0,4545
1,06	0,2275	0,3554	1,38	0,1539	0,4162	1,70	0,0940	0,4554
1,07	0,2251	0,3577	1,39	0,1518	0,4177	1,71	0,0925	0,4561
1,08	0,2227	0,3599	1,40	0,1497	0,4192	1,72	0,0909	0,4573
1,09	0,2203	0,3621	1,41	0,1476	0,4207	1,73	0,0893	0,4582
1,10	0,2179	0,3643	1,42	0,1456	0,4222	1,74	0,0878	0,4591
1,11	0,2155	0,3665	1,43	0,1435	0,4236	1,75	0,0863	0,4599
1,12	0,2131	0,3686	1,44	0,1415	0,4251	1,76	0,0848	0,4608
1,13	0,2108	0,3708	1,45	0,1394	0,4265	1,77	0,0833	0,4616
1,14	0,2083	0,3729	1,46	0,1374	0,4279	1,78	0,0818	0,4625
1,15	0,2059	0,3794	1,47	0,1354	0,4292	1,79	0,0804	0,4633

Продолжение приложения 5

z	t(z)	$\Phi_0(z)$	z	t(z)	$\Phi_0(z)$	z	t(z)	$\Phi_0(z)$
1,80	0,0790	0,4641	2,12	0,0422	0,4830	2,64	0,0122	0,4959
1,81	0,0775	0,4649	2,14	0,0404	0,4838	2,66	0,0116	0,4961
1,82	0,0761	0,4656	2,16	0,0387	0,4846	2,68	0,0110	0,4963
1,83	0,0748	0,4664	2,18	0,0371	0,4854	2,70	0,0104	0,4965
1,84	0,0734	0,4671	2,20	0,0355	0,4861	2,72	0,0099	0,4967
1,85	0,0721	0,4678	2,22	0,0339	0,4868	2,74	0,0093	0,4969
1,86	0,0707	0,4686	2,24	0,0325	0,4875	2,76	0,0088	0,4971
1,87	0,0694	0,4693	2,26	0,0310	0,4881	2,78	0,0084	0,4973
1,88	0,0691	0,4699	2,28	0,0297	0,4887	2,80	0,0079	0,4974
1,89	0,0669	0,4706	2,30	0,0283	0,4893	2,82	0,0075	0,4976
1,90	0,0656	0,4713	2,32	0,0270	0,4898	2,84	0,0071	0,4977
1,91	0,0644	0,4719	2,34	0,0258	0,4904	2,86	0,0067	0,4979
1,92	0,0632	0,4726	2,36	0,0246	0,4909	2,88	0,0063	0,4980
1,93	0,0620	0,4732	2,38	0,0235	0,4913	2,90	0,0060	0,4981
1,94	0,0608	0,4738	2,40	0,0224	0,4918	2,92	0,0056	0,4982
1,95	0,0596	0,4744	2,42	0,0213	0,4922	2,94	0,0053	0,4984
1,96	0,0584	0,4750	2,44	0,0203	0,4927	2,96	0,0050	0,4985
1,97	0,0573	0,4756	2,46	0,0194	0,4931	2,98	0,0047	0,4986
1,98	0,0562	0,4761	2,48	0,0184	0,4934	3,00	0,0044	0,49865
1,99	0,0551	0,4767	2,50	0,0175	0,4938	3,20	0,0024	0,49931
2,00	0,0540	0,4772	2,52	0,0167	0,4941	3,40	0,0012	0,49966
2,02	0,0519	0,4783	2,54	0,0158	0,4945	3,60	0,0006	0,499841
2,04	0,0498	0,4793	2,56	0,0151	0,4948	3,80	0,0003	0,499928
2,06	0,0478	0,4803	2,58	0,0143	0,4951	4,00	0,00013	0,499968
2,08	0,0459	0,4812	2,60	0,0136	0,4953	4,50	0,000016	0,499997
2,10	0,0440	0,4821	2,62	0,0129	0,4956	5,00	0,0000015	0,499997

Посадки подшипников качения

Таблица П.6.1 – Размерные серии для радиальных шариковых, радиальных роликовых и радиально-упорных шариковых подшипников (по ДСТУ ГОСТ 3478:2008)

Серия диаметра (позиция 3)		Серия ширины (позиция 7)			
Обозначение		Наименование	Обозначение		Наименование
ISO	ДСТУ		ISO	ДСТУ	
7	0	Сверхлегкая	1	1	Нормальная
			3	3	Особоширокая
8	8	Сверхлегкая	0	7	Узкая
			1	1	Нормальная
			2	2	Широкая
			3, 4, 5, 6	3, 4, 5, 6	Особоширокая
9	9	Сверхлегкая	0	7	Узкая
			1	1	Нормальная
			2	2	Широкая
			3, 4, 5, 6	3, 4, 5, 6	Особоширокая
0	1	Особолегкая	0	7	Узкая
			1	0	Нормальная
			2	2	Широкая
			3, 4, 5, 6	3, 4, 5, 6	Особоширокая
1	7	Особолегкая	0	7	Узкая
			1	1	Нормальная
			2	2	Широкая
			3, 4	3, 4	Особоширокая
2	2	Легкая	8	8	Особоузкая
			0	0	Узкая
	5		1	Нормальная	
	2		2	Широкая	
3	3	Средняя	0	0	Широкая
			1	1	Особоширокая
	6		3	Особоузкая	
	3		3	Узкая	
4	4	Тяжелая	0	0	Узкая
			2	2	Широкая

Таблица П.6.2 – Размерные серии для роликовых радиально-упорных подшипников с коническими роликами (по ДСТУ ГОСТ 3478:2008)

Серия диаметра (позиция 3)			Серия ширины (позиция 7)		
Обозначение		Наименование	Обозначение		Наименование
ISO	ДСТУ		ISO	ДСТУ	
9	9	Сверхлегкая	2	2	Широкая
			3	3	Особоширокая
0	1	Особолегкая	2	2	Широкая
			3	3	Особоширокая
1	7		3	3	Особоширокая
2	2	Легкая	0	0	Узкая
	5		2	0	Широкая
	2		3	3	Особоширокая
3	3	Средняя	0	0	Узкая
			1	1	Нормальная
			2	0	Широкая

Таблица П.6.3 – Размерные серии для упорных шариковых и роликовых подшипников (по ДСТУ ГОСТ 3478:2008)

Серия диаметра (позиция 3)			Серия высоты (позиция 7)		
Обозначение		Наименование	Обозначение		Наименование
ISO	ДСТУ		ISO	ДСТУ	
Одинарные подшипники					
0	9	Особолегкая	7	7	Особонизкая
			9	9	Низкая
			1	1	Нормальная
1	1	Особолегкая	7	7	Особонизкая
			9	9	Низкая
			1	0	Нормальная
2	2	Легкая	7	7	Особонизкая
			9	9	Низкая
			1	0	Нормальная
3	3	Средняя	7	7	Особонизкая
			9	9	Низкая
			1	0	Нормальная

Продолжение **таблицы П.6.3**

Серия диаметра (позиция 3)			Серия высоты (позиция 7)		
Обозначение		Наименование	Обозначение		Наименование
ISO	ДСТУ		ISO	ДСТУ	
Одинарные подшипники					
4	4	Тяжелая	7	7	Особонизкая
			9	9	Низкая
			1	0	Нормальная
5	5		9	9	Низкая
Двойные подшипники					
2	2	Легкая	2	0	–
3	3	Средняя	2	0	–
4	4	Тяжелая	2	0	–

Таблица П.6.4 – Предельные отклонения посадочных мест радиальных и радиально-упорных подшипников (по ДСТУ ГОСТ 520:2014)

Интервалы диаметров, мм, свыше – до включительно	Внутреннее кольцо					Наружное кольцо				
	Класс точности					Класс точности				
	P0	P6	P5	P4	P2	P0	P6	P5	P4	P2
	Предельные отклонения					Предельные отклонения				
	<i>ES</i> = 0					<i>es</i> = 0				
	<i>EI</i>, мкм					<i>ei</i>, мкм				
От 0,6 – 2,5						–	–	–	–	–
От 2,5 – 18	–8	–7	–5	–4	–4	–8	–7	–5	–4	–3
18 – 30	–10	–8	–6	–5	–4	–9	–8	–6	–5	–4
30 – 50	–12	–10	–8	–6	–4	–11	–9	–7	–6	–4
50 – 80	–15	–12	–9	–7	–5	–13	–11	–9	–7	–4
80 – 120	–20	–15	–10	–8	–5	–15	–13	–10	–8	–5
120 – 150	–25	–18	–13	–10	–6,5	–18	–15	–11	–9	–5
150 – 180						–25	–18	–13	–10	–6,5
180 – 250	–30	–22	–15	–12	–9	–30	–20	–15	–11	–8

Таблица П.6.5 – Предельные отклонения посадочных мест роликовых конических подшипников (по ДСТУ ГОСТ 520:2014)

Интервалы диаметров, мм, свыше – до включительно	Внутреннее кольцо				Наружное кольцо			
	Класс точности				Класс точности			
	P0	P6, P5	P4	P2	P0	P6, P5	P4	P2
	Предельные отклонения				Предельные отклонения			
	<i>ES</i> = 0				<i>es</i> = 0			
	<i>Ei</i>, мкм				<i>ei</i>, мкм			
10 – 18	-8	-7	-5	-4	-	-	-	-
18 – 30	-10	-8	-6		-9	-8	-6	-4
30 – 50	-12	-10	-8		-11	-9	-7	
50 – 80	-15	-12	-9	-5	-13	-11	-9	-5
80 – 120	-20	-15	-10		-15	-13	-10	
120 – 150	-25	-18	-13	-6,5	-18	-15	-11	
150 – 180					-25	-18	-13	-6,5
180 – 250	-30	-22	-15	-9	-30	-20	-15	-8

Таблица П.6.6 – Предельные отклонения посадочных мест упорных подшипников (по ДСТУ ГОСТ 520:2014)

Интервалы диаметров, мм, свыше – до включительно	Тугое кольцо		Свободное кольцо	
	Класс точности		Класс точности	
	P0, P6, P5	P4, P2	P0, P6, P5	P4, P2
	Предельные отклонения		Предельные отклонения	
	<i>ES</i> = 0		<i>es</i> = 0	
	<i>Ei</i>, мкм		<i>ei</i>, мкм	
до 18	-8	-7	-11	-7
18 – 30	-10	-8	-13	-8
30 – 50	-12	-10	-16	-9
50 – 80	-15	-12	-19	-11
80 – 120	-20	-15	-22	-13
120 – 180	-25	-18	-25	-15
180 – 250	-30	-22	-30	-20

Таблица П.6.7 – Поля допусков на диаметры посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов (по ГОСТ 3325-85)

Квалитет	Поля допусков для основных отклонений																			
	e	f	g	h	js	j	k	m	n	p	r	E	G	H	Js	J	K	M	N	P
	для вала											для отверстия в корпусе								
3				h3	js3															
4			g4	h4	js4		k4	m4	n4				G4	H4	Js4		K4	M4		
5			g5	h5	js5	(j5)	k5	m5	n5	p5			G5	H5	Js5		K5	M5	N5	
6		f6	g6	h6	js6	(j6)	k6	m6	n6	p6	r6		G6	H6	Js6	(J6)	K6	M6	N6	P6
7		f7		h7							r7		G7	H7	Js7	(J7)	K7	M7	N7	P7
8	e8	f8		h8								E8		H8						
9	(e9)	f9		h9								(E9)		(H9)						
10				(h10)																

Примечания: 1. В скобках приведены поля допусков ограниченного применения. 2. Под посадку шариковых и роликовых подшипников на закрепительных или стяжных втулках предельные отклонения валов устанавливают по h8, h9, h10. 3. При применении полей допусков H7, H8, H9 необходима селективная сборка с целью исключения проворота наружного кольца подшипника.

Таблица П.6.8 – Виды нагружения колец подшипников качения (по ГОСТ 3325-85)

Условия работы		Виды нагружения	
Характеристика нагрузок	Вращающееся кольцо	внутреннего кольца	наружного кольца
Постоянная по направлению $F_r = \text{const}$ или $F_r \gg F_c$	Внутреннее	Циркуляционное	Местное
	Наружное	Местное	Циркуляционное
Постоянная по направлению F_r и вращающаяся $F_c < F_r$	Внутреннее	Циркуляционное	Колебательное
	Наружное	Колебательное	Циркуляционное
Постоянная по направлению F_r и вращающаяся $F_c > F_r$	Внутреннее	Местное	Циркуляционное
	Наружное	Циркуляционное	Местное
Постоянная по направлению $F_r = \text{const}$	Внутреннее и наружное кольца в одном или противоположном направлении	Циркуляционное	Циркуляционное
Вращающаяся F_c с внутренним кольцом		Местное	Циркуляционное
Вращающаяся F_c с наружным кольцом		Циркуляционное	Местное

Примечание. Виды нагрузки: F_r – радиальная (radial) в заданном направлении; F_c – радиальная вращающаяся (circulating); F_a – осевая (axial).

Таблица П.6.9 – Поля допусков для посадки подшипников на вал (по ГОСТ 3325-85)

Нагружение внутреннего кольца	Режим работы	Подшипники с отверстиями диаметров d , мм				Класс точности		
		радиальные		радиально-упорные		P0, P6	P5, P4	P2
		шари- ковые	роли- ковые	шари- ковые	роли- ковые			
местное (вращается наружное кольцо)	легкий или нормальный	Подшипники всех диаметров				g6	h5; js5	js4; h4
	нормальный или тяжелый					f7; f6; g6; h6		
циркуля- ционное (вращается внутреннее кольцо)	легкий или нормальный	До 50				–	h5; js5	js3; js4 h3; h4
циркуля- ционное (вращается внутреннее кольцо)	легкий или нормальный	до 40	до 40	до 100	до 40	k6; js6	js5	js4
		до 100	до 100	свыше 100	до 100	k6; js6	k5	k4
		до 250				m6	–	–
	нормальный или тяжелый	до 100	до 40	до 100	до 100	k6; js6	k5	k4
		свыше 100	до 100	свыше 100	до 180	m6	m5	m4
		–	до 250	–	до 250	n6; p6	n5	n4
	тяжелый с ударными нагрузками	–	свыше 50 до 140	–	–	m6; n6	–	–
		–	свыше 140 до 200	–	–	p6		
		–	свыше 200 до 250	–	–	r6; r7		
		Подшипники на закрепительно-стяжных втулках всех диаметров				h8; h9		
нормальный	Подшипники на закрепительных втулках всех диаметров				h9; h10			
Упорные подшипники								
нагрузка исключительно осевая F_a		одинарные		всех диаметров		js6	–	–
		двойные						
колеба- тельное	осевая и радиальная нагрузки	со сферическими роликами		до 200		k6	–	–
				Свыше 200 до 250		m6		

Таблица П.6.10 – Поля допусков для посадки подшипников в корпус (по ГОСТ 3325-85)

Нагружение наружного кольца	Режим работы	Примеры машин и подшипниковых узлов	Класс точности		
			P0, P6	P5, P4	P2
Радиальные и радиально-упорные подшипники					
циркуляционное (вращается корпус)	тяжелый при тонкостенных корпусах	Колеса автомобилей, тракторов, башенных кранов	P7	P6	–
	нормальный	Ролики ленточных транспортеров, барабаны	Js7; K7	–	
	нормальный или тяжелый	Передние колеса автомобилей, ролики рольгангов, коленчатые валы	N7; M7	–	
местное (вращается вал)	нормальный или тяжелый (точные узлы)	шпиндели тяжелых металлорежущих станков	–	M6; K6	–
	нормальный	Электродвигатели, вентиляторы, шпиндели быстроходных станков	Js7	Js6	–
	нормальный или тяжелый (нет перемещения вдоль оси)	Коробки передач, задние мосты автомобилей и тракторов, узлы на конических роликовых подшипниках	Js7; K7; M7	–	–
	нормальный или тяжелый	Узлы общего машиностроения, редукторы, буксы	H7; J7	–	–
	легкий или нормальный	Быстроходные электродвигатели, бытовая техника	H7; Js7	H6; Js6	H5; Js5
местное или колебательное (вращается вал)	нормальный или тяжелый	Шпиндели шлифовальных станков, коленчатые валы двигателей	–	K6; Js6	K5; Js5
	легкий или нормальный	Трансмиссионные валы, молотилки	H7; Js7	–	–
Упорные подшипники					
местное (вращается вал), нагрузка только осевая F_a	нормальный	Все типы узлов с упорными подшипниками	H8	–	–
	тяжелый	Узлы с шариковыми упорными подшипниками	H8; H9	H6	
		Узлы с упорными подшипниками на конических роликах	G7	G6	
местное (вращается вал)	тяжелый или нормальный	Подшипники со сферическими роликами: - для общего применения	Js7	–	–
циркуляционное (вращается корпус)	тяжелый (осевая и радиальная нагрузки)	- тяжелых металлорежущих станков	K7		
		- вертикальных валов турбин	M7		

Бібліографічний список

1. ДСТУ 2500-94. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми. – Введено вперше; чинний з 1995-07-01. – К.: Держстандарт України, 1995. – 30 с.
2. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – Введ. 01.07.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 60 с.
3. ДСТУ ISO 286-1–2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок. – Введено вперше; чинний з 2003-10-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 42 с.
4. ДСТУ ISO 286-2:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилів отворів і валів. – Уведено вперше; чинний з 2003-10-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 47 с.
5. ГОСТ 24853-81. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски. – Введен впервые; введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 7 с.
6. ГОСТ 2015-84. Калибры гладкие нерегулируемые. Технические требования. – Взамен ГОСТ 2015-69; введ. 01.01.1985. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 5 с.
7. ДСТУ ГОСТ 3478:2008. Подшипники качения. Основные размеры. – Взамен ГОСТ 3478-79; введ. 01.07.2008. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 24 с.
8. ДСТУ ГОСТ 520:2014. Підшипники кочення. Загальні технічні умови. – На заміну ДСТУ ГОСТ 520:2003; чинний з 2015-01-01. – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – 72 с.
9. ГОСТ 3325-85. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки. – Взамен ГОСТ 3325-55; введ. 01.01.1987. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 53 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ЕСДП (лист 1)	3
2 ГЛАДКИЕ КАЛИБРЫ (лист 2)	13
3 АНАЛИЗ ГЛАДКОЙ ПОСАДКИ (лист 3)	21
4 ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ (лист 4)	31
Приложение 1. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Термины и определения. Обозначения и общие нормы (по ДСТУ 2500-94).....	42
Приложение 2. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки (по ГОСТ 25347-82)	48
Приложение 3. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски (по ГОСТ 24853-81).....	60
Приложение 4. Рекомендуемые значения допусков на отклонения формы и шероховатости для рабочих поверхностей гладких калибров	63
Приложение 5. Числовые значения интегральной функции Лапласа $\Phi_0(z)$ и нормированной функции распределения $t(z)$	64
Приложение 6. Посадки подшипников качения	67
Библиографический список	74

Навчальне видання

Князєв Михайло Климович
Данько Костянтин Анатолійович
Невешкін Юрій Олександрович
Онопченко Антон Віталійович

ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ І СТАНДАРТИЗАЦІЯ
(Російською мовою)

Редактор Л. О. Кузьменко

Зв. план, 2017

Підписано до видання 13.03.2017

Ум. друк. арк. 4,2. Обл.-вид. арк. 4,75. Електронний ресурс

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001