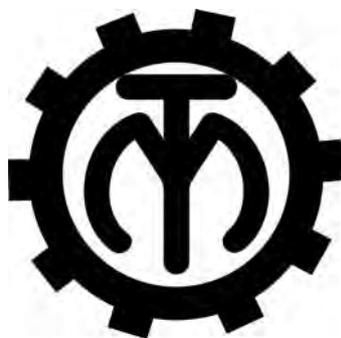


ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2017

УДК 621.81
ББК 34.41
Н 87

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «б» апреля 2017 г.,
протокол № 13

Составитель канд. техн. наук, доц. Е. Н. Антонова

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Приведены варианты заданий для решения задач по темам практических занятий для дисциплины «Нормирование точности и технические измерения».

Учебно-методическое издание

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

| | |
|-------------------------|------------------|
| Ответственный за выпуск | В. М. Шеменков |
| Технический редактор | А. А. Подошевка |
| Компьютерная верстка | Н. П. Полевничая |

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.

Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2017



Содержание

| | |
|--|----|
| 1 Построение полей допусков..... | 4 |
| 2 Построение полей допусков посадок, расчет характеристик посадок..... | 7 |
| 3 Расчёт предельных и исполнительных размеров калибров и выбор универсальных измерительных средств..... | 15 |
| 3.1 Расчет калибров для контроля отверстий..... | 15 |
| 3.2 Расчет калибров для контроля валов | 17 |
| 3.3 Выбор универсальных измерительных средств..... | 20 |
| 4 Расчёт и выбор посадок подшипников качения | 21 |
| 4.1 Расчет и выбор посадок для установки подшипника качения на вал и в корпус | 23 |
| 4.2 Определение требований к посадочным поверхностям вала и отверстия в корпусе | 24 |
| 5 Допуски цилиндрических зубчатых передач | 26 |
| 6 Обозначения на чертежах..... | 29 |
| Список литературы | 33 |
| Приложение А | 34 |
| Приложение Б. Предельные отклонения и поля допусков для размеров от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347–82)..... | 41 |



1 Построение полей допусков

Номинальный размер – размер, проставляемый на чертеже, служащий началом отсчета отклонений и определяемый исходя из функционального назначения детали.

Действительный размер – размер, полученный в результате измерения с допустимой погрешностью.

Деталь считается годной, если ее действительные размеры находятся между или равны двум *предельным размерам* – наибольшему (d_{\max} , D_{\max}) и наименьшему (d_{\min} , D_{\min}).

Каждый из двух предельных размеров определяют по *отклонениям* от номинального размера. Верхнее отклонение обозначается буквами ES, es, а нижнее – EI, ei.

Предельные отклонения выбираются из ГОСТ 25347–82 в зависимости от номинального размера, поля допуска и качества точности.

При соединении двух деталей одна из них является *охватываемой*, другая – *охватывающей*. Первая условно называется *валом*, вторая – *отверстием*. Эти названия применимы не только для цилиндрических поверхностей, но и для плоских (например, размер, определяющий ширину шпоночного паза, выступает в роли отверстия, а размер, определяющий ширину шпонки, – в роли вала). Отверстия принято обозначать большими буквами (D, TD, H, ES, EI), валы – малыми (d, Td, h, es, ei).

Наибольший предельный размер определяется:

– для вала

$$d_{\max} = d + es; \quad (1)$$

– для отверстия

$$D_{\max} = D + ES. \quad (2)$$

Наименьший предельный размер определяется:

– для вала

$$d_{\min} = d + ei; \quad (3)$$

– для отверстия

$$D_{\min} = D + EI. \quad (4)$$

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или между верхним и нижним отклонениями называется *допуском размера* (Td, TD):



– для вала

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei; \quad (5)$$

– для отверстия

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI. \quad (6)$$

В единой системе допусков и посадок (ЕСДП) установлено 19 квалитетов: 01; 0; 1; 2; ...; 17 (самые точные – 01 и 0).

Основное отклонение – одно из двух отклонений, ближайшее к нулевой линии.

Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита (рисунок 1) (для валов – a, b, c, d, e, h, ..., x, y, z; для отверстий – A, B, C, D, CD, E, H, ..., X, Y, Z).

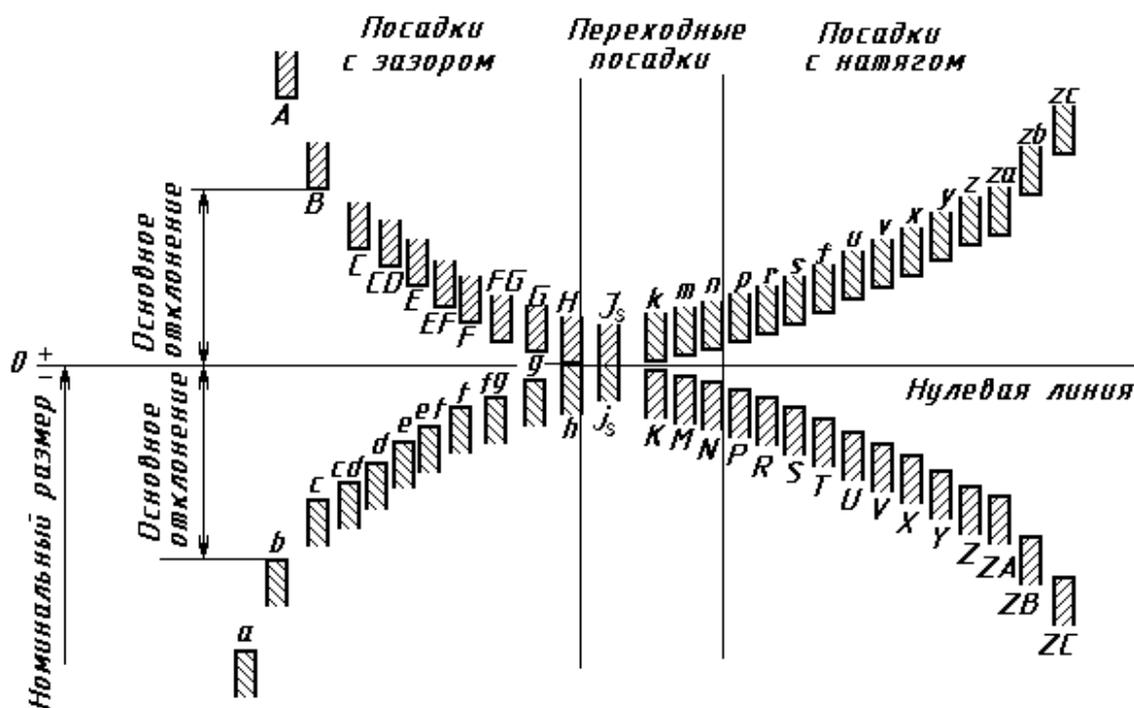


Рисунок 1 – Основные отклонения валов и отверстий

На чертеже в *обозначение размера* входят номинальный размер, поле допуска, квалитет точности и два отклонения. Например, отверстие $\varnothing 20F8^{(+0,053)}_{(+0,020)}$, вал $\varnothing 16z8^{(+0,087)}_{(+0,060)}$. Если одно из отклонений равно нулю, то оно не записывается: $\varnothing 182H8^{(+0,072)}$, $\varnothing 50h7^{(-0,025)}$, если оба отклонения одинаковые по модулю, то запись выглядит так: $\varnothing 50j_s7^{(\pm 0,0125)}$. Соединение двух деталей (посадка) обозначается дробью $\varnothing 50 \frac{H7^{(+0,025)}}{f6^{(-0,025)}}$, или $\varnothing 50 \frac{H7}{f6}$, или $\varnothing 50H7/f6$. В числителе всегда записываются поле допуска и квалитет точности отверстия, в знаменателе – поле допуска и квалитет вала.

Задача. Построить схему расположения заданных полей допусков, на схеме указать номинальный размер вала или отверстия, предельные размеры в миллиметрах, предельные отклонения, допуск вала или отверстия в микрометрах. Определить, является ли заданное поле допуска предпочтительным для применения. Исходные данные взять из таблицы 1. Порядок построения и последовательность расчетов приведены в примере.

Таблица 1 – Варианты заданий к задаче

| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Диаметр, мм | 48 | 15 | 90 | 75 | 30 | 100 | 35 | 180 | 260 | 38 | 120 | 340 | 60 | 20 | 42 | 25 |
| Поля допусков | Js7 D8 R7 | G7 u7 K7 | H8 f7 js7 | E9 h8 S7 | H7 t6 k7 | F7 h6 T7 | H9 d8 z8 | c8 E8 n7 | D9 F8 k7 | T7 u8 k6 | f8 T7 K6 | d8 t6 F7 | N8 к6 js9 | e8 G6 P6 | x8 M6 Js8 | g6 U8 r6 |

Пример – Построить схемы полей допусков отверстия $\varnothing 50H8$ и вала $\varnothing 35f7$. Определить предельные размеры, допуски отверстия и вала.

Решение

По номинальному размеру, полю допуска и качеству точности выписываем из ГОСТ 25347–82 (приложение Б) верхнее и нижнее отклонения для вала и отверстия и записываем в миллиметрах (в таблице стандарта значения приведены в микрометрах): $\varnothing 50H8^{(+0,039)}$, $\varnothing 35f7^{(-0,025)}$.

Рассчитываем предельные размеры вала и отверстия, используя формулы (1)–(4):

$$d_{\max} = 50 + (-0,025) = 49,975 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 50 + (-0,050) = 49,950 \text{ мм};$$

$$D_{\max} = 50 + (+0,039) = 50,039 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = 50 + 0 = 50,0 \text{ мм}.$$

Рассчитываем допуски размеров вала и отверстия, используя формулы (5) и (6):

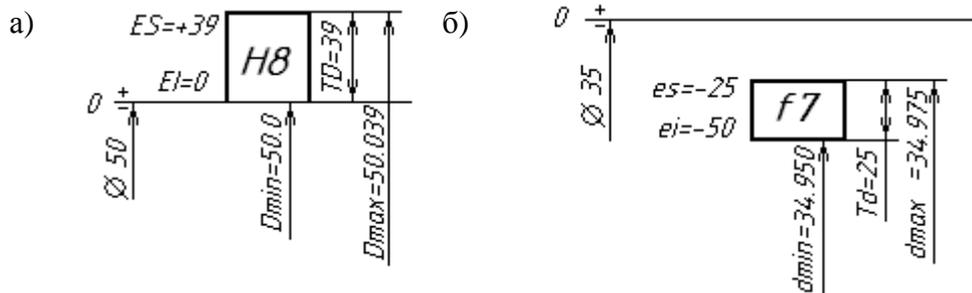
$$Td = 49,975 - 49,950 = 0,025 \text{ мм};$$

$$TD = 50,039 - 50,0 = 0,039 \text{ мм}.$$

Строим схемы полей допусков вала и отверстия (рисунок 2). Построение схемы начинаем с изображения нулевой линии, к которой снизу вверх указываем номинальный размер отверстия диаметром 50 мм. От нулевой линии вверх откладываем верхнее отклонение, которое положительно, т. е. +39 мкм. Нижнее отклонение равно нулю и находится



на нулевой линии. Произвольно по ширине достраиваем поле допуска, внутри которого записываем H8. Для вала $\varnothing 35f7$ оба отклонения отрицательны, т. е. поле допуска будет расположено ниже нулевой линии. Оба отклонения откладываются вниз, отсчет ведется от нулевой линии (рисунок 2, б). На схеме указываем предельные размеры и допуски.



а – отверстие; б – вал

Рисунок 2 – Схемы полей допусков

2 Построение полей допусков посадок, расчет характеристик посадок

Посадка – характер соединения двух деталей. Соединение может быть свободным или плотным. Посадки образуются сочетанием полей допусков отверстия и вала.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть с зазором, с натягом и переходная.

В *посадках с зазором* зазор S гарантирован, т. е. размер отверстия всегда больше размера вала и поле допуска отверстия располагается выше поля допуска вала (рисунок 3).

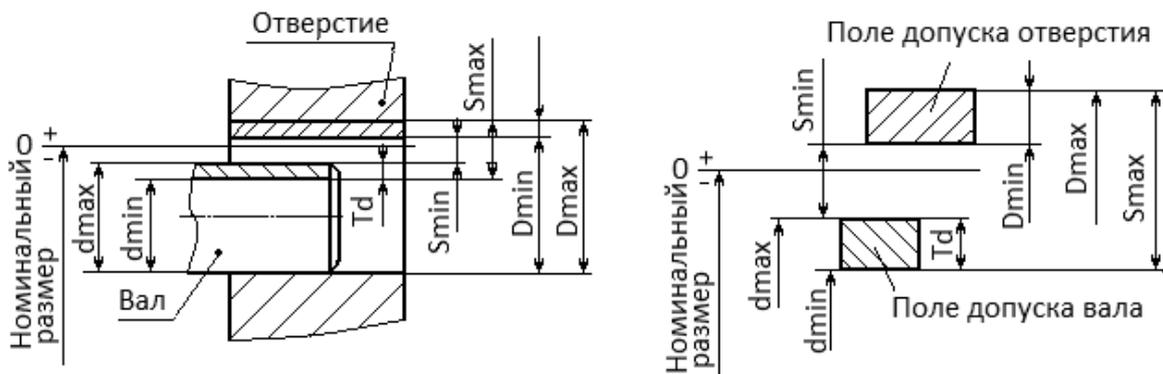


Рисунок 3 – Соединение деталей по посадке с гарантированным зазором

Величина зазора S между годными деталями при сборке должна находиться в пределах от S_{\min} до S_{\max} или быть равной S_{\min} или S_{\max} .

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}; \quad (7)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}. \quad (8)$$

Допуск посадки с зазором рассчитывается по формуле

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = TD + Td. \quad (9)$$

В *посадках с натягом* натяг N гарантирован, т. е. размер отверстия всегда меньше размера вала и поле допуска вала располагается выше поля допуска отверстия (рисунок 4).

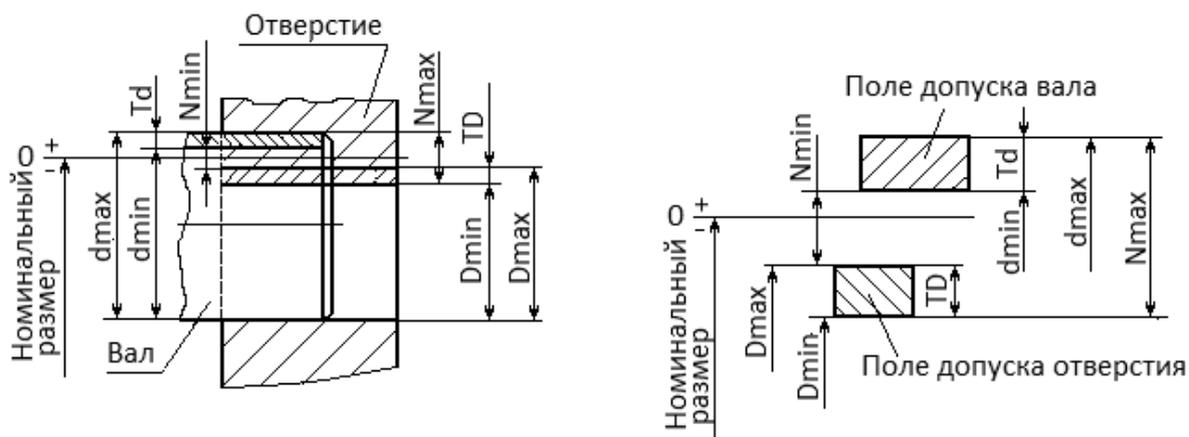


Рисунок 4 – Соединение деталей по посадке с гарантированным натягом

Величина натяга N между годными деталями при сборке должна находиться в пределах от N_{\min} до N_{\max} :

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}; \quad (10)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}. \quad (11)$$

Допуск посадки с натягом рассчитывается по формуле

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = TD + Td. \quad (12)$$

В *переходных посадках* при сборке деталей возможно получение зазора или натяга, а поля допусков отверстия и вала полностью или частично перекрываются. На схеме полей допусков переходной посадки указывается величина возможного максимального зазора S_{\max} и натяга N_{\max} .

Допуск переходной посадки рассчитывается по формуле

$$TS(N) = S_{\max} + N_{\max}. \quad (13)$$

Примеры схем расположения полей допусков переходных посадок приведены на рисунке 5.

Посадки могут быть образованы в системе отверстия и в системе вала.

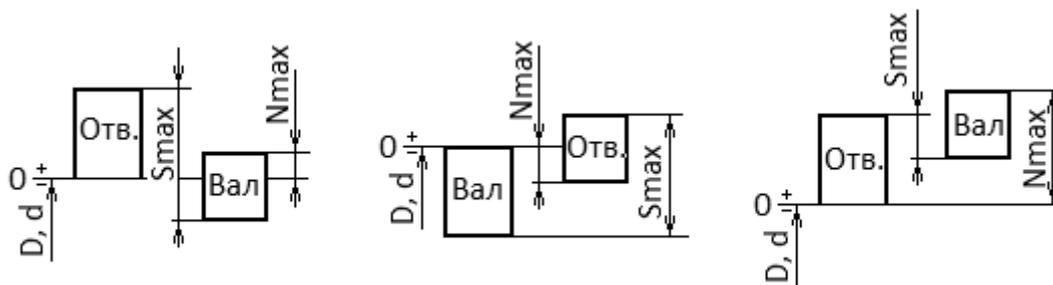


Рисунок 5 – Схемы расположения полей допусков переходных посадок

Посадки в системе отверстия образуются сочетанием основного отверстия H и неосновных валов. Пример посадок в системе отверстия: $H8/f7$, $H7/m6$, $H8/g7$.

Посадки в системе вала образуются сочетанием основного вала h и неосновных отверстий. Пример посадок в системе вала: $F8/h7$, $G7/h6$, $J_s8/h7$.

Система отверстия предпочтительного применения и используется чаще. Система вала применяется в том случае, если вал (бесступенчатый) имеет один и тот же номинальный диаметр и сопрягается с различными деталями, требующими различных посадок.

Основной называется посадка, которая выполнена в системе вала или отверстия и в одном квалитете точности, например $H9/f9$, $E7/h7$, $H6/k6$, $M7/h7$.

Комбинированная посадка – посадка, выполненная в разных квалитетах точности или полученная сочетанием неосновных деталей, например $H8/e7$, $F7/f7$, $D9/f9$, $F8/f7$.

Задача. Построить схему расположения полей допусков заданной посадки, на схеме указать номинальный размер соединения, предельные размеры вала и отверстия в миллиметрах, предельные отклонения, допуски вала и отверстия, предельные зазоры и (или) натяги в микрометрах. Рассчитать основные характеристики посадки: предельные размеры отверстия и вала, допуски размеров отверстия и вала; максимальные и минимальные зазоры и (или) натяги; допуск посадки; средний зазор или натяг.

Для заданной посадки определить систему (система вала или отверстия), является она основной или комбинированной.

В произвольном масштабе вычертить эскизы вала и втулки отдельно и в сборе, проставить на этих эскизах размеры с предельными отклонениями (на сборочном чертеже посадку обозначить символически). Исходные данные взять из таблицы 2.

Последовательность решения и оформления задачи для разных посадок приведена в примерах 1–3.

Таблица 2 – Варианты заданий для задачи

| Вариант | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Диаметр, мм | 15 | 160 | 190 | 20 | 90 | 180 | 35 | 75 | 50 | 80 | 30 | 100 | 100 | 80 | 20 | 50 | 340 | 35 |
| Посадка | $\frac{G7}{h7}$ | $\frac{H8}{u7}$ | $\frac{K7}{h6}$ | $\frac{H8}{f7}$ | $\frac{H8}{x8}$ | $\frac{H7}{js7}$ | $\frac{E9}{h8}$ | $\frac{S7}{h7}$ | $\frac{N7}{h7}$ | $\frac{H7}{e7}$ | $\frac{H7}{t6}$ | $\frac{H8}{k7}$ | $\frac{F7}{h6}$ | $\frac{T7}{h6}$ | $\frac{M8}{h7}$ | $\frac{H9}{d8}$ | $\frac{H8}{z8}$ | $\frac{H7}{m7}$ |

Продолжение таблицы 2

| Вариант | 7 | | | 8 | | | 9 | | | 10 | | | 11 | | | 12 | | |
|-------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Диаметр, мм | 180 | 120 | 20 | 190 | 260 | 15 | 260 | 190 | 38 | 120 | 180 | 90 | 340 | 50 | 75 | 18 | 100 | 30 |
| Посадка | $\frac{D8}{h8}$ | $\frac{R7}{h7}$ | $\frac{Js7}{h6}$ | $\frac{H8}{c8}$ | $\frac{H9}{u7}$ | $\frac{H8}{n7}$ | $\frac{D9}{h8}$ | $\frac{F8}{h7}$ | $\frac{N8}{h7}$ | $\frac{H7}{h7}$ | $\frac{H8}{u8}$ | $\frac{H6}{k6}$ | $\frac{H9}{f8}$ | $\frac{T7}{h7}$ | $\frac{K6}{h6}$ | $\frac{H8}{d8}$ | $\frac{H7}{t6}$ | $\frac{H7}{n6}$ |

Продолжение таблицы 2

| Вариант | 13 | | | 14 | | | 15 | | | 16 | | | 17 | | | 18 | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Диаметр, мм | 30 | 80 | 15 | 75 | 35 | 18 | 90 | 20 | 340 | 160 | 15 | 120 | 60 | 10 | 260 | 48 | 350 | 85 |
| Посадка | $\frac{G7}{h6}$ | $\frac{S7}{h6}$ | $\frac{H7}{k6}$ | $\frac{H8}{d8}$ | $\frac{H8}{u8}$ | $\frac{M7}{h6}$ | $\frac{F8}{h8}$ | $\frac{S7}{h7}$ | $\frac{H7}{m7}$ | $\frac{H6}{g6}$ | $\frac{H9}{z8}$ | $\frac{Js7}{h7}$ | $\frac{H7}{f7}$ | $\frac{F7}{h7}$ | $\frac{H7}{js6}$ | $\frac{F7}{h7}$ | $\frac{H7}{t6}$ | $\frac{N7}{h6}$ |

Пример 1 – Построить схему полей допусков заданной посадки $\varnothing 28G7/h6$. Рассчитать ее основные характеристики.

Решение

1 По ГОСТ 25347–82 выписываем предельные отклонения для вала и отверстия: вал $\varnothing 28 h6_{(-0,013)}$, отверстие $\varnothing 28 G7_{(+0,028/+0,007)}$.

Записываем заданную посадку $\varnothing 28 \frac{G7_{(+0,028/+0,007)}}{h6_{(-0,013)}}$, которая является посадкой с зазором, в системе вала, комбинированной, предпочтительного применения.

2 Строим схему расположения полей допусков заданной посадки (рисунок б).

3 Рассчитываем характеристики посадки, используя формулы (1)–(8):

– предельные размеры вала

$$d_{\max} = 28 + 0 = 28,0 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 28 + (-0,013) = 27,987 \text{ мм};$$

– предельные размеры отверстия

$$D_{\max} = 28 + (+0,028) = 28,028 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = 28 + (+0,007) = 28,007 \text{ мм};$$

– допуск на размер вала

$$Td = 28,0 - 27,987 = 0,013 \text{ мм};$$

– допуск на размер отверстия

$$TD = 28,028 - 28,007 = 0,021 \text{ мм};$$

– предельные зазоры S_{\max} и S_{\min}

$$S_{\max} = 28,028 - 27,987 = 0,041 \text{ мм} = 41 \text{ мкм};$$

$$S_{\min} = 28,007 - 28,0 = 0,007 \text{ мм} = 7 \text{ мкм};$$

– допуск посадки с зазором TS

$$TS = 41 - 7 = 34 \text{ мкм};$$

– средний зазор S_m

$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{41 - 7}{2} = 24 \text{ мкм}. \quad (14)$$

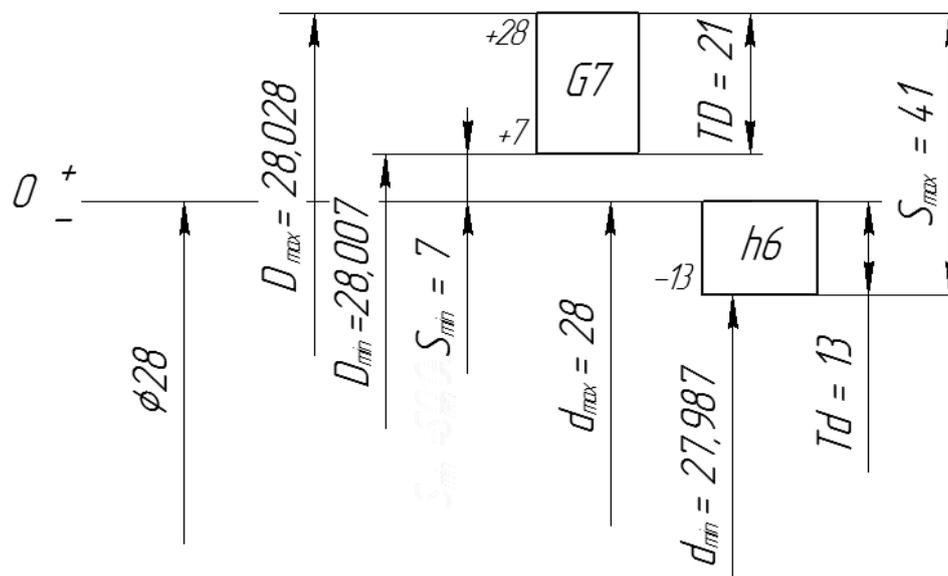


Рисунок 6 – Схема расположения полей допусков посадки с зазором

Пример обозначения посадок на чертежах представлен на рисунке 7.

Пример 2 – Построить схему полей допусков заданной посадки $\phi 16H7/s6$. Рассчитать ее основные характеристики.

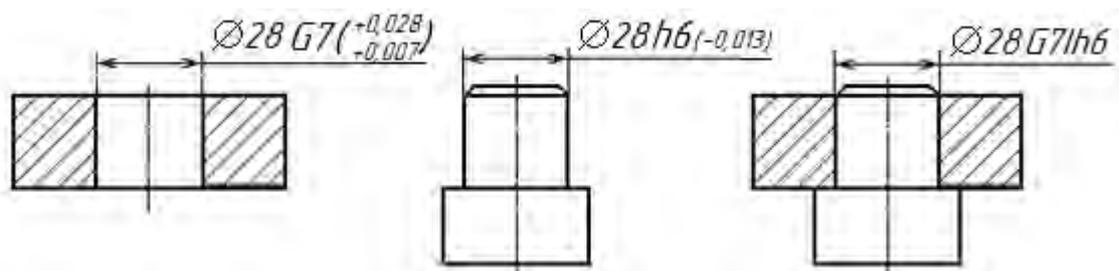


Рисунок 7 – Обозначение посадок на чертежах

Решение

1 По ГОСТ 25347–82 выписываем предельные отклонения для вала и отверстия: вал $\text{Ø}16s6^{(+0,039 / +0,028)}$, отверстие $\text{Ø}16H7^{(+0,018)}$.

Записываем заданную посадку $\text{Ø}16 \frac{H7^{(+0,018)}}{s6^{(-0,039 / -0,028)}}$, которая является комбинированной, предпочтительного применения, выполнена в системе отверстия.

2 Строим схему расположения полей допусков заданной посадки (рисунок 8).

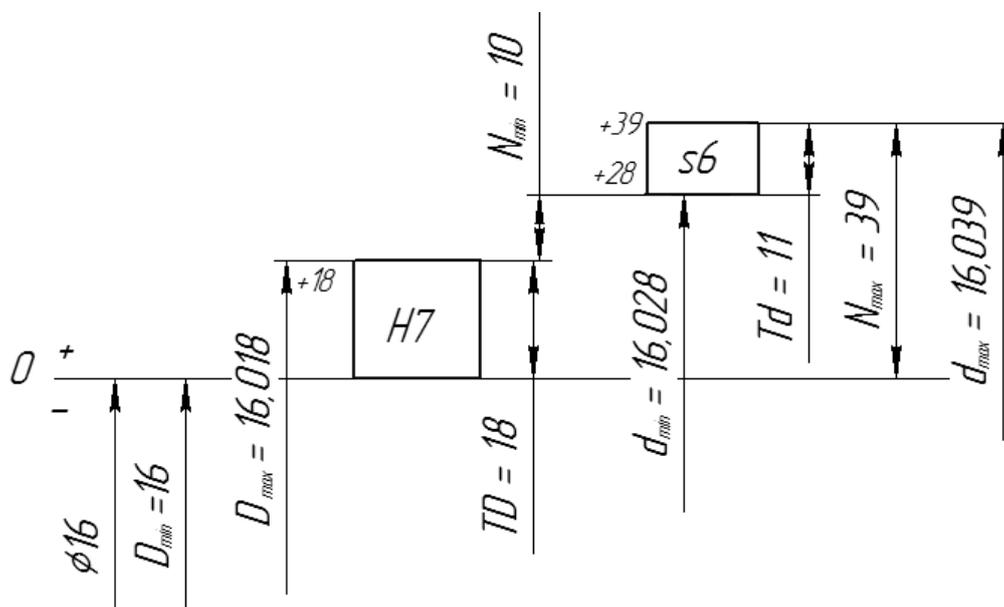


Рисунок 8 – Схема расположения полей допусков посадки с натягом

3 Рассчитываем характеристики посадки по формулам (1)–(6) и (10)–(13):
– предельные размеры вала

$$d_{\max} = 16 + (+0,039) = 16,039 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 16 + (+0,028) = 16,028 \text{ мм};$$

– предельные размеры отверстия

$$D_{\max} = 16 + (+0,018) = 16,018 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = 16 + 0 = 16,0 \text{ мм};$$

– допуски на размер вала

$$Td = 16,039 - 16,028 = 0,011 \text{ мм};$$

– допуски на размер отверстия

$$TD = 16,018 - 16,0 = 0,018 \text{ мм};$$

– предельные натяги $N_{\max \tau}$ и $N_{\min \tau}$:

$$N_{\max} = 16,039 - 16,0 = 0,039 \text{ мм} = 39 \text{ мкм};$$

$$N_{\min} = 16,028 - 16,018 = 0,01 \text{ мм} = 10 \text{ мкм};$$

– допуск посадки с натягом TN

$$TN = 39 - 10 = 29 \text{ мкм};$$

– средний натяг N_m

$$N_m = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2}, \quad (15)$$

$$N_m = \frac{39 + 10}{2} = 24,5 \text{ мкм}.$$

Пример обозначения посадок на чертежах представлен на рисунке 9.

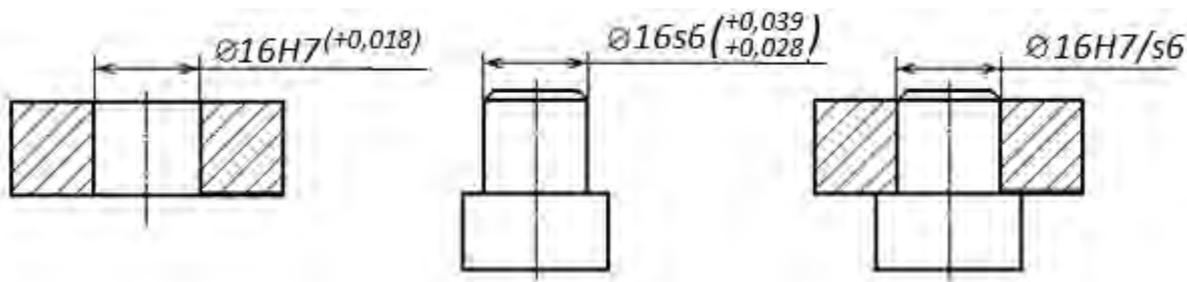


Рисунок 9 – Обозначение посадок на чертежах

Пример 3 – Построить схему полей допусков заданной посадки $\varnothing 200 \text{ H8/n6}$. Рассчитать ее основные характеристики.

Решение

1 По ГОСТ 25347–82 выписываем предельные отклонения для вала и отверстия: вал $\varnothing 200 \text{ n6} \left(\begin{smallmatrix} +0,060 \\ +0,031 \end{smallmatrix} \right)$, отверстие $\varnothing 200 \text{ H8} \left(\begin{smallmatrix} +0,072 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$.

Записываем заданную посадку $\varnothing 200 \frac{H8 (+0,072)}{n6 (+0,060)}$, которая является переходной, выполнена в системе отверстия, комбинированная, предпочтительного применения.

2 Строим схему расположения полей допусков заданной посадки. Заданная посадка с натягом в системе отверстия приведена на рисунке 10.

3 Характеристики посадки рассчитываем аналогично примерам 1 и 2:

– предельные размеры вала

$$d_{\max} = 200 + (+0,06) = 200,06 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 200 + (+0,031) = 200,031 \text{ мм};$$

– предельные размеры отверстия

$$D_{\max} = 200 + (+0,072) = 200,072 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = 200 + 0 = 200,0 \text{ мм};$$

– допуски на размер вала

$$Td = 200,06 - 200,031 = 0,029 \text{ мм};$$

– допуски на размер отверстия

$$TD = 200,072 - 200,0 = 0,072 \text{ мм};$$

– максимальный натяг N_{\max} и зазор S_{\max} :

$$N_{\max} = 200,060 - 200,0 = 0,06 \text{ мм} = 60 \text{ мкм};$$

$$S_{\max} = 200,072 - 200,031 = 0,041 \text{ мм} = 41 \text{ мкм};$$

– допуск переходной посадки $TS(N)$

$$TS(N) = 60 + 41 = 101 \text{ мкм}.$$

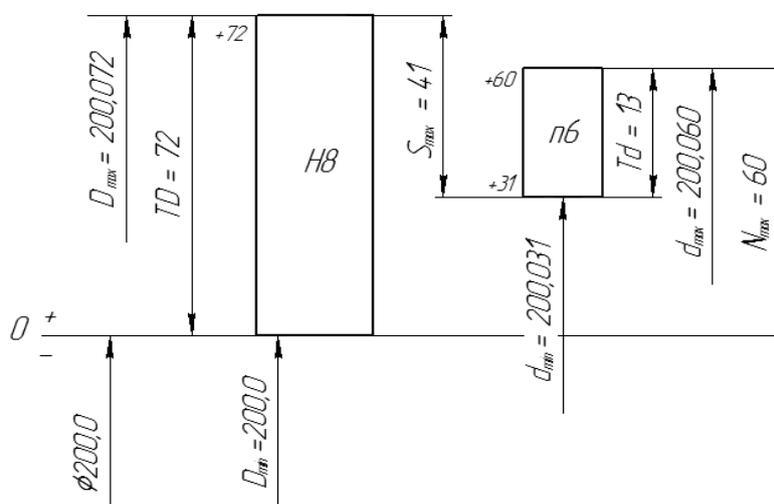


Рисунок 10 – Схема расположения полей допусков переходной посадки

Примеры обозначения посадок на чертежах представлены на рисунках 7 и 10.

3 Расчет предельных и исполнительных размеров калибров и выбор универсальных измерительных средств

Калибры являются контрольными инструментами для определения годности деталей. С помощью калибров можно установить, находится ли действительный размер детали между наибольшим и наименьшим предельными размерами или нет, т. е. годная деталь или бракованная.

Для контроля отверстий используют калибры-пробки, а для контроля валов – калибры-скобы. В комплект калибров входят проходной (ПР) и непроходной (НЕ) калибры. Деталь считается годной, если проходной калибр проходит в проверяемую деталь под действием собственного веса или усилия, равного ему, а непроходной – не проходит.

По назначению калибры делятся на рабочие и контрольные. В процессе изготовления рабочих калибров-скоб используются контрольные калибры: К – ПР, К – НЕ, а калибр К – И – для контроля износа проходной скобы в процессе ее эксплуатации. Схемы контроля калибрами-пробками и калибрами-скобами представлены на рисунках 11, а, 13, а.

3.1 Расчет калибров для контроля отверстий

С помощью проходной пробки проверяют наименьший предельный размер отверстия D_{\min} , а непроходной – наибольший предельный размер D_{\max} , т. е. эти размеры являются номинальными для проходной и непроходной пробок.

В качестве исполнительных размеров, т. е. размеров, проставляемых на чертежах, калибров-пробок принимается их наибольший размер, допуск задается в «минус», как для основного вала.

Пример 1 – Рассчитать исполнительные размеры калибров-пробок для контроля отверстия $\text{Ø}16\text{H}8^{(+0,027)}$.

Решение

Максимальный предельный диаметр отверстия

$$D_{\max} = D + ES = 16 + 0,027 = 16,027 \text{ мм.}$$

Минимальный предельный диаметр отверстия

$$D_{\min} = D + EI = 16 + 0 = 16,000 \text{ мм.}$$



$$D_{\text{ПР max}} = D_{\text{min}} + z + H / 2 = 16 + 0,004 + 0,003 / 2 = 16,0055 \text{ мм};$$

$$D_{\text{ПР изн}} = D_{\text{min}} - y = 16 - 0,004 = 15,996 \text{ мм}.$$

Исполнительный размер проходной пробки

$$D_{\text{ПР исп}} = D_{\text{ПР max-H}} = 16,0055_{-0,003} \text{ мм};$$

$$D_{\text{НЕ max}} = D_{\text{max}} + H / 2 = 16,027 + 0,003 / 2 = 16,0285 \text{ мм};$$

$$D_{\text{НЕ min}} = D_{\text{max}} - H / 2 = 16,027 - 0,003 / 2 = 16,0255 \text{ мм}.$$

Исполнительный размер непроходной пробки

$$D_{\text{НЕ исп}} = D_{\text{НЕ max-H}} = 16,0285_{-0,003} \text{ мм}.$$

Вычерчиваем эскиз рабочей пробки, на котором указываем исполнительные размеры, шероховатость рабочих поверхностей и маркировку (рисунок 12). Шероховатость выбираем по таблице А.2. Маркировка калибра содержит диаметр контролируемого отверстия с полем допуска и качеством точности, предельные отклонения контролируемого отверстия, товарный знак завода-изготовителя.

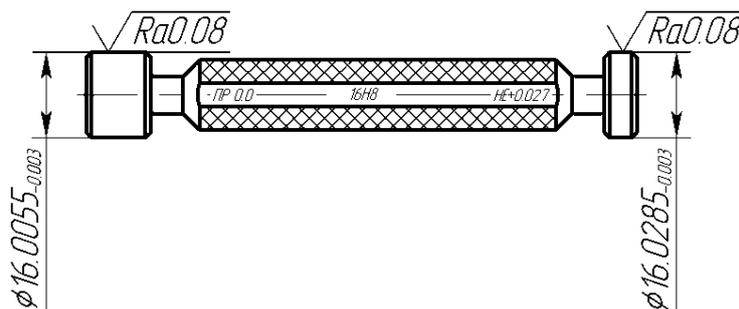


Рисунок 12 – Эскиз калибра-пробки

3.2 Расчет калибров для контроля валов

С помощью проходной стороны скобы проверяют наибольший предельный размер вала, а непроходной – наименьший предельный размер вала, т. е. эти размеры являются номинальными для проходной и непроходной сторон скобы при расчете исполнительных размеров. В качестве исполнительных размеров калибров-скоб принимается их наименьший размер, допуск задается в «плюс», как для основного отверстия.

Пример 2 – Рассчитать исполнительные размеры калибра-скобы для контроля вала $\varnothing 16 z8 \begin{pmatrix} +0,087 \\ +0,060 \end{pmatrix}$.

Решение

Максимальный предельный диаметр вала

$$d_{\max} = d + es = 16 + 0,087 = 16,087 \text{ мм.}$$

Минимальный предельный диаметр вала

$$d_{\min} = d + ei = 16 + 0,060 = 16,060 \text{ мм.}$$

Для определения предельных и исполнительных размеров скобы из ГОСТ 24853–81 (см. таблицу А.1) выписываем допуски: H_1 , z_1 , y_1 , H_p по качеству 8 и диаметру 16 мм: $H_1 = 5 \text{ мкм} = 0,005 \text{ мм}$; $z_1 = 4 \text{ мкм} = 0,004 \text{ мм}$; $y_1 = 4 \text{ мкм} = 0,004 \text{ мм}$; $H_p = 2 \text{ мкм} = 0,002 \text{ мм}$ (H_p – допуск на изготовление контрольных калибров).

Строим схему полей допусков калибра-скобы, на которой указываем поле допуска контролируемого вала z_8 и проставляем все найденные допуски (рисунок 13, б).

Определяем предельные размеры проходной стороны скобы ПР:

$$d_{\text{ПРmin}} = d_{\max} - z_1 - H_1 / 2 = 16,087 - 0,004 - 0,005 / 2 = 16,0805 \text{ мм};$$

$$d_{\text{ПРmax}} = d_{\max} - z_1 + H_1 / 2 = 16,087 - 0,004 + 0,005 / 2 = 16,0855 \text{ мм};$$

$$d_{\text{ПРизн.}} = d_{\max} + y_1 = 16,087 + 0,004 = 16,091 \text{ мм.}$$

Исполнительный размер проходной стороны скобы ПР

$$d_{\text{ПР исп}} = d_{\text{ПРmin}}^{+H_1} = 16,0805^{+0,005} \text{ мм.}$$

Определяем предельные размеры непроходной стороны скобы НЕ

$$d_{\text{НЕ min}} = d_{\min} - H_1 / 2 = 16,060 - 0,005 / 2 = 16,0575 \text{ мм};$$

$$d_{\text{НЕ max}} = d_{\min} + H_1 / 2 = 16,060 + 0,005 / 2 = 16,0625 \text{ мм.}$$

Исполнительный размер непроходной стороны скобы НЕ

$$d_{\text{НЕ исп}} = d_{\text{НЕmin}}^{+H_1} = 16,0575^{+0,005} \text{ мм.}$$

Вычерчиваем эскиз рабочей скобы, на котором указываем исполнительные размеры, шероховатость рабочих поверхностей и маркировку (рисунок 14). Шероховатость выбираем по таблице А.2.

Задача 1. Для деталей цилиндрического соединения, заданного в таблице 3, построить схему полей допусков калибров и рассчитать исполнительные размеры рабочих калибров. Вычертить эскизы калибров, указать на эскизах исполнительные размеры и маркировку калибров. Последовательность расчетов смотреть в примерах 1 и 2.



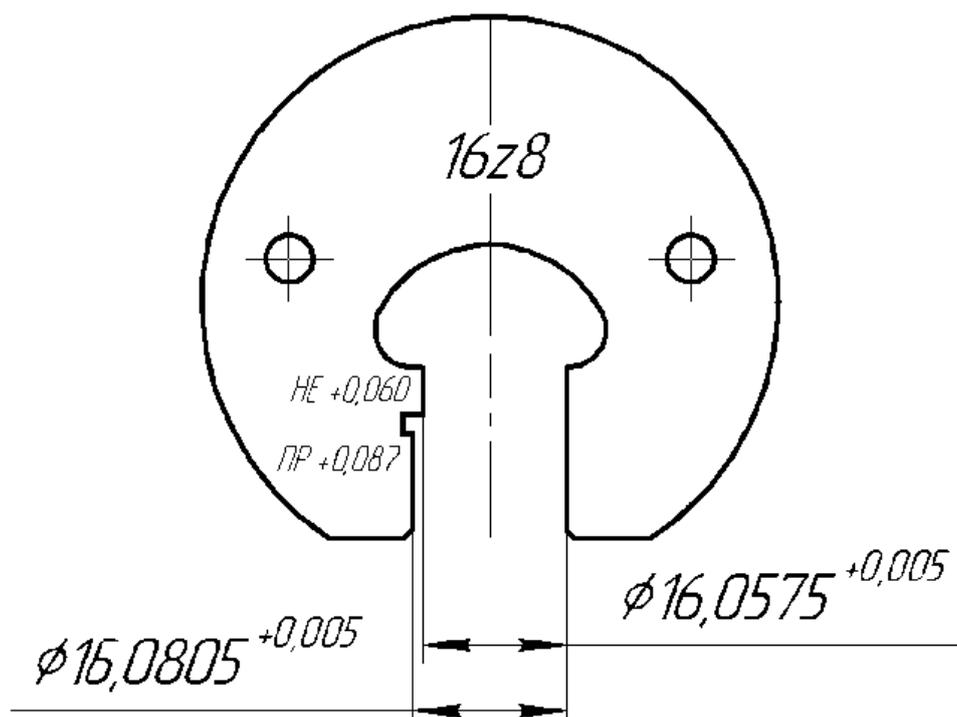


Рисунок 14 – Эскиз калибра-скобы

Таблица 3 – Варианты к задаче 1

| | | | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Диаметр, мм | 160 | 90 | 75 | 30 | 18 | 340 | 120 | 260 |
| Посадка | $\frac{D8}{h7}$ | $\frac{H8}{u8}$ | $\frac{F8}{h7}$ | $\frac{H8}{s7}$ | $\frac{S7}{h6}$ | $\frac{H9}{f9}$ | $\frac{T7}{h7}$ | $\frac{H8}{e7}$ |

Продолжение таблицы 3

| | | | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Вариант | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Диаметр, мм | 190 | 180 | 50 | 100 | 80 | 35 | 20 | 15 |
| Посадка | $\frac{G7}{h6}$ | $\frac{H7}{s7}$ | $\frac{F8}{h7}$ | $\frac{H9}{x8}$ | $\frac{U8}{h7}$ | $\frac{H8}{d8}$ | $\frac{S7}{h7}$ | $\frac{H8}{h7}$ |

3.3 Выбор универсальных измерительных средств

Любой линейный размер может быть измерен различными измерительными средствами, обеспечивающими точность измерения. В каждом конкретном случае точность измерения зависит от принципа действия, конструкции и точности изготовления измерительного средства, а также от условий его настройки и применения. Требуемая точность измерения может быть получена только при правильном выборе средств и условий измерения.

Выбор средств измерения заключается в сравнении предельной (наибольшей возможной) погрешности измерений Δ с допускаемой погрешностью δ , регламентированной ГОСТ 8.051–81, т. е. предельная погрешность измерений не должна превышать допускаемую погрешность $\Delta \leq \delta$.

Под допускаемой погрешностью измерения δ понимается наибольшее значение погрешности, при которой полученный в результате измерения размер может быть признан действительным. В соответствии с ГОСТ 8.051–81 допускаемая погрешность измерения составляет от 20 до 35 % допуска на измеряемый размер. В таблице А.5 приведены значения допусков (числитель) и допускаемых погрешностей измерения (знаменатель).

Выбор технических средств производится по их техническим характеристикам, где наряду с основными параметрами указаны их предельные погрешности измерений. Некоторые технические средства с их характеристиками представлены в таблицах А.10–А.15.

Пример 3 – Подобрать универсальные средства для измерения деталей, входящих в соединение $\varnothing 90\text{H}7/\text{u}7$.

Номинальный размер отверстия и вала $D = 90$ мм, допуск $T = 35$ мкм, допускаемая погрешность измерения вала и отверстия $\delta = 10$ мкм (таблица А.9). Для измерения вала $\varnothing 90\text{u}7$ может быть использована скоба рычажная СР–100 (ГОСТ 11098–75), имеющая цену деления $s = 0,002$ мм и погрешность измерения $\pm 0,002$ мм, $\Delta = 0,004$ мм. $\Delta \leq \delta$; $0,004 \leq 0,010$. Класс применяемых концевых мер длины второй.

Для измерения отверстия $\varnothing 90\text{H}7$ может быть использован индикаторный нутромер, снабженный многооборотным индикатором 2МИГ (ГОСТ 9696–75) с ценой деления $s = 0,02$, мм и погрешностью измерения $\pm 0,004$ мм, $\Delta = 0,008$ мм. Класс применяемых концевых мер длины второй.

Задача 2. Для деталей цилиндрического соединения, заданного в таблице 3, выбрать универсальные средства измерений, используя данные таблиц А.10–А.15. Дать обоснование выбора. Последовательность выбора средств измерения показана в примере 3.

4 Расчет и выбор посадок подшипников качения

Подшипник является стандартным изделием и устанавливается на вал и в корпус независимо от посадок, по которым они будут изготавливаться.

Выбор посадок для подшипников качения зависит от характера нагружения колец. Согласно ГОСТ 3325–85 различают три *вида нагружения* колец подшипников: циркулярное, местное и колебательное.

В подшипниковых узлах редукторов кольца испытывают первые два вида нагружения. Внутреннее кольцо подшипника является *циркуля-*

ционно-нагруженным, а наружное кольцо испытывает местное нагружение.

ГОСТ 520–89 устанавливается пять классов точности подшипников качения, обозначенных (в порядке повышения точности) 0; 6; 5; 4; 2.

Поле допуска посадочной поверхности внутреннего кольца согласно ГОСТ 3325–85 обозначается прописной буквой L и цифрой, определяющей класс точности подшипника (L0, L6, L5, L4, L2), поле допуска наружного кольца – строчной буквой l и цифрой, определяющей класс точности подшипника (l0, l6, l5, l4, l2).

В зависимости от класса точности подшипника назначается точность посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса (таблица 4).

Таблица 4 – Точность посадочных поверхностей подшипников качения

| Класс точности подшипника | Квалитет точности вала IT | Квалитет точности корпуса IT |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 0 или 6 | 6 | 7 |
| 5 или 4 | 5 | 6 |
| 2 | 4 | 5 |

В ГОСТ 3325–85 для каждого класса точности подшипника предусмотрены группы полей допусков для вала и отверстий, позволяющие обеспечить в сопряжении с подшипником необходимый характер соединения (рисунок 15).

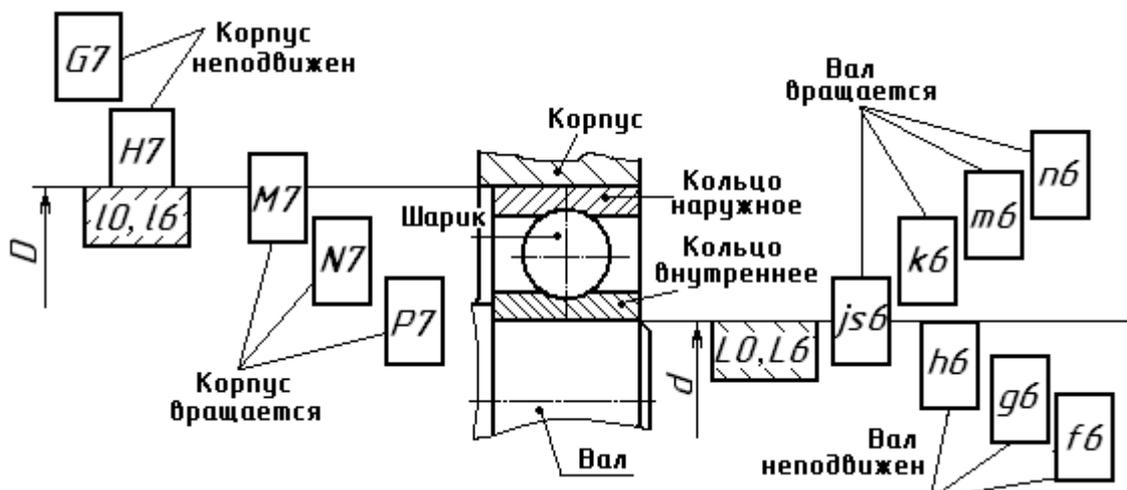


Рисунок 15 – Посадки подшипников качения классов точности 0 и 6

4.1 Расчет и выбор посадок для установки подшипника качения на вал и в корпус

Внутренние кольца подшипников редуктора испытывают циркулярное нагружение и должны сопрягаться с посадочными поверхностями валов по посадкам с натягом.

В этом случае посадка может быть выбрана по интенсивности радиальной нагрузки P_R на посадочную поверхность, допускаемые значения которой приведены в таблице А.4, или по минимальному расчетному натягу.

Интенсивность нагрузки подсчитывается по формуле

$$P_R = \frac{R \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{B - 2r}, \quad (16)$$

где R – радиальная нагрузка на опору, Н;

k_1 – динамический коэффициент посадки (при перегрузках до 150 % $k_1 = 1$);

k_2 – коэффициент, учитывающий степень ослабления натяга при полом вале, для сплошного вала $k_2 = 1$;

k_3 – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки между рядами роликов двухрядных конических роликоподшипников или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки на опору (для однорядных несдвоенных подшипников $k_3 = 1$);

B – ширина кольца подшипника, мм;

r – радиус фаски кольца, мм.

Наружные кольца подшипников редуктора испытывают местное нагружение и устанавливаются в корпус с некоторым зазором. Рекомендации по выбору полей допусков для отверстий корпусов под наружные кольца подшипников приведены в таблице А.8.

Пример – Определить виды нагружения колец подшипника. Рассчитать и выбрать посадки для установки подшипника на вал и в корпус.

Исходные данные: подшипник легкой серии № 210, радиальная нагрузка $R = 8000$ Н; класс точности подшипника – 0; вал вращается, вал сплошной, корпус массивный; нагрузка умеренная, перегрузки не превышают 150 %.

Решение

Из ГОСТ 8338–85 (см. таблицу А.3) по номеру подшипника выпишем его параметры: $D = 90$ мм, $d = 50$ мм, $B = 20$ мм, $r = 2$ мм.

Так как в изделии вращается вал, внутреннее кольцо подшипника является циркуляционно-нагруженным, наружное кольцо соединится с неподвижным корпусом и испытывает местное нагружение, следо-



вательно, внутреннее кольцо должно соединяться с валом по посадке с натягом, наружное с отверстием в корпусе – с небольшим зазором.

Посадку внутреннего кольца подшипника выбираем по интенсивности радиальной нагрузки, которую рассчитываем по формуле (16):

$$P_R = \frac{8000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{20 - 2 \cdot 2} = 500 \text{ Н/мм.}$$

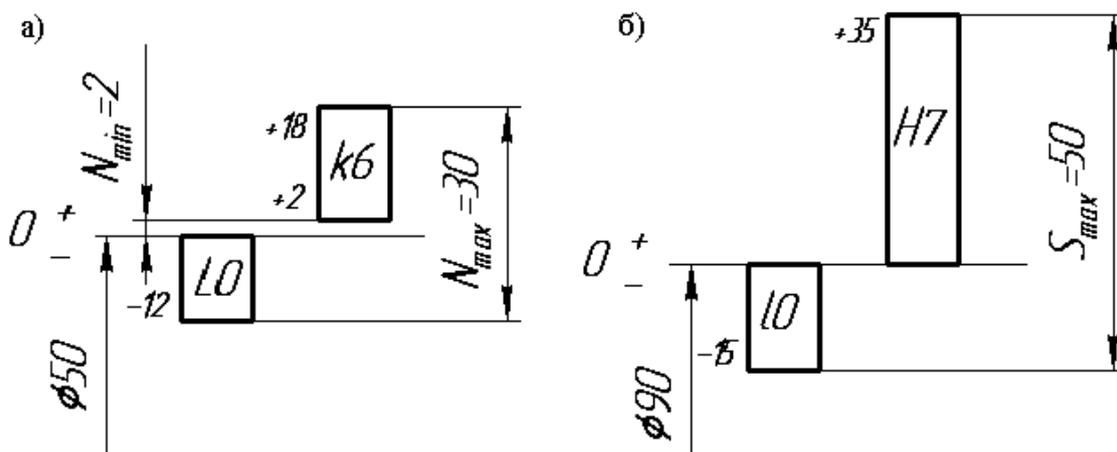
Квалитет точности вала определяем по таблице 4, т. е. IT6. По расчетному значению P_R по таблице А.4 выбираем поле допуска для посадочной поверхности вала – $\varnothing 50k6^{(+0,018/+0,002)}$. Посадка внутреннего кольца на вал – $\varnothing 50 \frac{L0^{(-0,012)}}{k6^{(+0,018/+0,002)}}$.

Предельные отклонения для колец (I0; L0) подшипника выбираем по ГОСТ 520–89 (таблицы А.6 и А.7).

Наружное кольцо подшипника испытывает местное нагружение. Для посадочной поверхности отверстия корпуса по таблице А.8 выбираем поле допуска H7 (квалитет точности уточняем по таблице 4).

Посадка по наружному кольцу – $\varnothing 90 \frac{H7^{(+0,035)}}{I0^{(-0,015)}}$.

Строим схемы полей выбранных посадок (рисунок 16).



а – посадка внутреннего кольца на вал; б – посадка наружного кольца в корпус

Рисунок 16 – Схемы полей допусков подшипника качения

4.2 Определение требований к посадочным поверхностям вала и отверстия в корпусе

На эскизе подшипникового узла, вала и корпуса проставляются выбранные посадки, шероховатости и отклонения формы (рисунок 17).

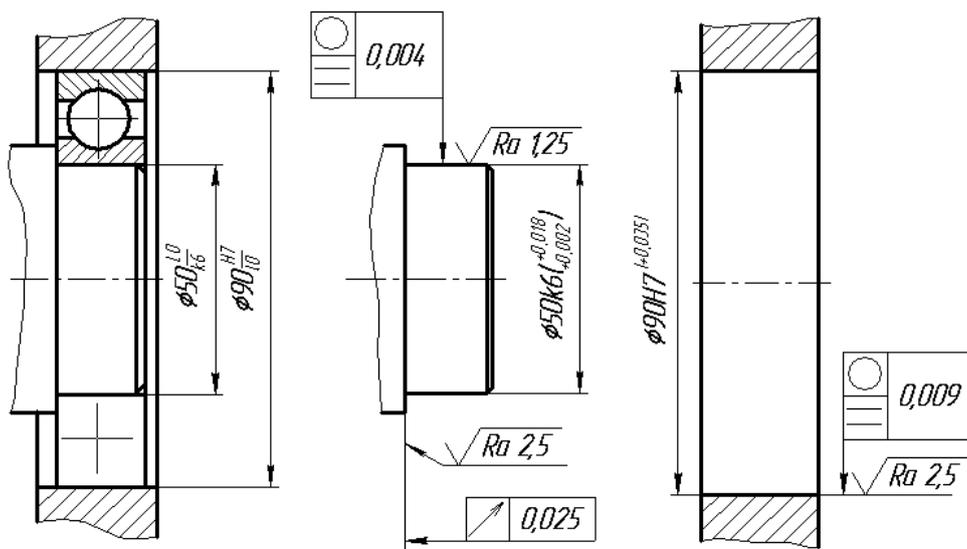


Рисунок 17 – Эскиз подшипникового узла, вала и корпуса

Требования к посадочным поверхностям вала и отверстия определяются по [5].

Шероховатость поверхности выбирается по [5, таблица 3]. Для подшипника № 210 для примера шероховатость посадочной поверхности вала $Ra_{в} = 1,25$ мкм; для отверстия в корпусе $Ra_{отв} = 2,5$ мкм; для торца вала $Ra_{т.в} = 2,5$ мкм.

Допуски круглости и профиля продольного сечения находятся по [5, таблица 4]. Для вала $T_{пр.сеч.в} = 0,004$ мм, для отверстия $T_{пр.сеч.о} = 0,009$ мм.

Допуск торцового биения опорного торца вала определяется по [5, таблица 5]: $T_{т.б} = 0,025$ мм.

Задача. На основе анализа условий работы подшипника в узле определить виды нагружения колец подшипников, рассчитать и выбрать посадки для установки подшипника на вал и в корпус. Вычертить схемы полей допусков выбранных посадок, эскиз подшипникового узла с обозначением выбранных посадок, эскизы отверстий в корпусе и вала с указанием шероховатости, предельных отклонений и допусков на погрешности формы. При этом принять, что вал является сплошным, а корпус толстостенным. Перегрузки не превышают 150 %. Исходные данные выбрать из таблицы 5.

Таблица 5 – Варианты заданий к задаче

| | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Номер подшипника | 220 | 304 | 218 | 306 | 216 | 308 | 214 | 310 |
| Класс точности | 0 | 6 | 5 | 6 | 0 | 5 | 0 | 6 |
| Радиальная нагрузка R, кН | 13,5 | 11,0 | 36,0 | 57,6 | 5,0 | 12,5 | 28,5 | 50,4 |
| Условие работы | Вал вращается, корпус неподвижен | | | | | | | |

Продолжение таблицы 5

| | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|
| Вариант | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Номер подшипника | 212 | 312 | 210 | 314 | 404 | 316 | 406 | 318 |
| Класс точности | 0 | 5 | 0 | 6 | 0 | 6 | 5 | 6 |
| Радиальная нагрузка R, кН | 3,4 | 31,2 | 24,8 | 56,0 | 3,9 | 32,0 | 27,9 | 14,0 |
| Условие работы | Вал вращается, корпус неподвижен | | | | | | | |

5 Допуски цилиндрических зубчатых передач

Система допусков цилиндрических зубчатых передач (ГОСТ 1643–81) устанавливает 12 *степеней точности* зубчатых колес. Для каждой степени точности устанавливаются независимые нормы допускаемых отклонений параметров, определяющих *кинематическую точность* колес и передачи, *плавность работы* и *контакт* зубчатых колес в передаче. Степень точности вновь проектируемых зубчатых передач и колес в большинстве случаев устанавливают в зависимости от окружной скорости колес (таблица А.17).

При *комбинировании норм* различных степеней точности нормы плавности работы колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев (витков) не могут назначаться по степеням точности более грубым, чем нормы плавности, хотя для цилиндрических зубчатых передач допускаются на одну степень грубее.

Вид сопряжения зубьев колес в передаче определяет величину гарантированного, т. е. наименьшего из возможных в передаче, бокового зазора между нерабочими профилями зубьев. Вид сопряжения передачи выбирается по величине гарантированного бокового зазора в зависимости от межосевого расстояния.

Боковой зазор – это зазор между нерабочими профилями зубьев, который необходим для размещения смазки, компенсации погрешностей изготовления при сборке и для компенсации изменения размеров от температурных деформаций.

Ориентировочно величину гарантированного минимального бокового



зазора можно определить по формуле

$$j_{n.min.расч} = k \cdot m, \quad (17)$$

где k – коэффициент (для тихоходных передач ($V_{окр}$ до 3 м/с) $k = 0,01$; для среднескоростных передач ($V_{окр} = 3–15$ м/с) $k = 0,02$; для быстроходных передач ($V_{окр}$ св. 15 м/с) $k = 0,03$);

m – модуль нормируемого колеса, мм.

Для прямозубых колес межосевое расстояние определяется как

$$a_w = (Z_1 + Z_2) \cdot m / 2, \quad (18)$$

где Z_1, Z_2 – число зубьев колес передачи.

Пример – Выполнить условие задачи для зубчатой передачи: $z_1 = 58$, $z_2 = 201$, $m = 3,5$ мм, $V_{окр} = 1,8$ м/с.

Решение

Назначение степеней точности зубчатой передачи. Степень точности проектируемого колеса устанавливается в зависимости от окружной скорости колеса. Используем принцип комбинирования степеней. По окружной скорости $V_{окр} = 1,8$ м/с назначаем степень точности зубчатой передачи по плавности работы 9 (вторая цифра в обозначении колеса) (см. таблицу А.17). По рекомендациям [4] по кинематической норме точности назначаем степень такую же, как по плавности, т. е. 9, а по полноте контакта – на одну точнее. При записи степеней точности на чертеже первой записывается степень точности по нормам кинематической точности, вторая – по нормам плавности, последней – по нормам контакта зубьев, т. е. 9–9–8.

Выбор вида сопряжения по боковому зазору. Вид сопряжения передачи выбирается по величине гарантированного бокового зазора, который рассчитывается по формуле (17). Для тихоходной передачи

$$j_{n.min.расч} = 0,01 \cdot m = 0,01 \cdot 3,5 = 0,035 \text{ мм} = 35 \text{ мкм.}$$

Межосевое расстояние рассчитаем по формуле (18):

$$a_w = (28 + 201) \cdot 3,5 / 2 = 129,5 \text{ мм.}$$

По рассчитанной величине $j_{n.min.расч}$, равной 35 мкм, в зависимости от межосевого расстояния $a_w = 129,5$ мм из таблицы А.18 выбираем вид сопряжения, причем выполняется условие $j_{n.min.табл.} \geq j_{n.min.расч}$.

Данному условию соответствует вид сопряжения Е, для которого $40 > 35$ мкм. По таблице А.19 уточняем соответствие вида сопряжения и



степени точности по нормам плавности работы. В девятой степени соответствия с сопряжением Е нет. Для девятой степени установлено соответствие с сопряжением С, для которого $j_{п.мин.табл} = 100$ мкм. Таким образом, окончательно точность зубчатой передачи будет 9 – 9 – 8 С (ГОСТ 1643–81).

Оформление чертежа цилиндрического зубчатого колеса. Рабочие чертежи зубчатых колес должны выполняться в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Согласно им на чертеже зубчатого колеса должна быть помещена таблица параметров зубчатого венца, которая состоит из трех частей: основные данные, данные для контроля, справочные данные. В строку «Степень точности ...» записываются три степени точности и вид сопряжения, например 8–8–7С. Если все степени одинаковые, то пишется только одна цифра и вид сопряжения, например 7С. Пример оформления чертежа цилиндрического зубчатого колеса приведен на рисунке 18.

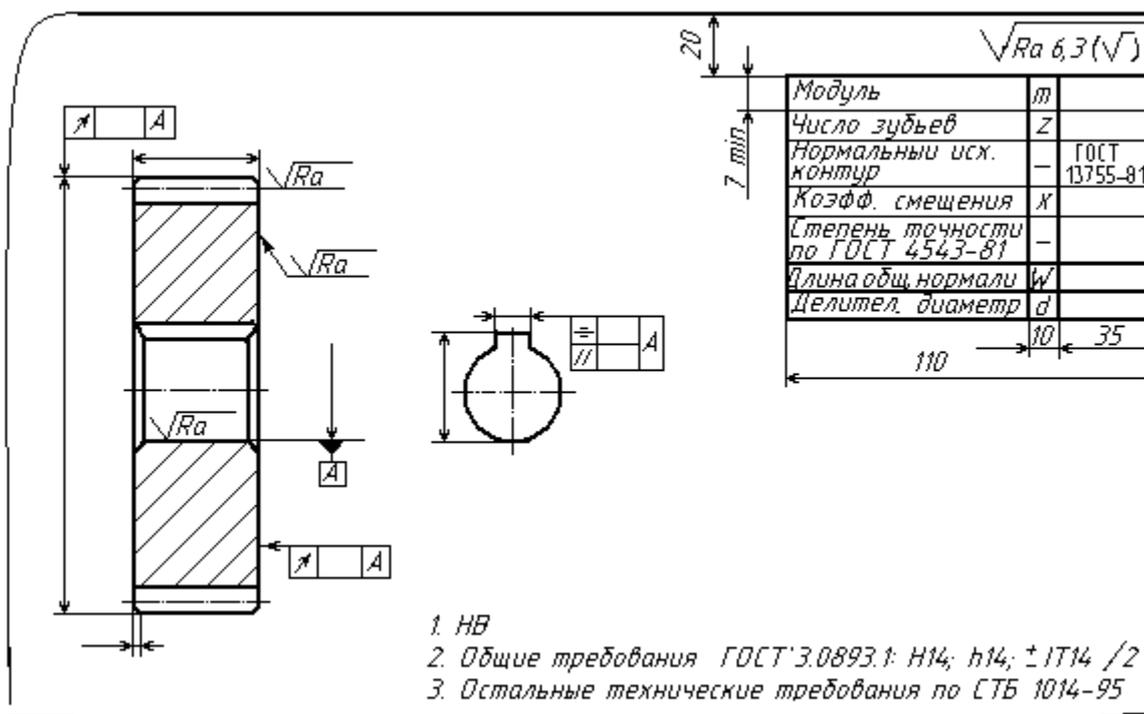


Рисунок 18 – Общий вид чертежа цилиндрического зубчатого колеса

Задача. По условиям работы зубчатого колеса установить степени точности по всем нормам точности, используя принцип комбинирования степеней точности, определить вид сопряжения. Исходные данные взять из таблицы 6.

Таблица 6 – Варианты заданий к задаче

| | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Z ₁ | 32 | 48 | 55 | 40 | 36 | 28 | 46 | 38 |
| Z ₂ | 18 | 20 | 22 | 36 | 28 | 24 | 18 | 20 |
| Модуль m, мм | 5 | 3 | 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 4 |
| Окружная скорость V _{окр} , м/с | 3 | 7 | 5 | 8 | 4 | 7 | 3 | 8 |

Продолжение таблицы 6

| | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Вариант | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Z ₁ | 45 | 36 | 44 | 28 | 38 | 40 | 28 | 48 |
| Z ₂ | 25 | 30 | 24 | 18 | 30 | 25 | 70 | 32 |
| Модуль m, мм | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 2 |
| Окружная скорость V _{окр} , м/с | 5 | 7 | 4 | 6 | 8 | 7 | 4 | 3 |

6 Обозначения на чертежах

Отклонения формы и расположения поверхностей возникают в процессе обработки деталей из-за неточности и деформации станка, инструмента, приспособлений, неравномерности припуска на обработку, неоднородности материала, деформации заготовки. Для каждого вида допуска формы и расположения установлен определенный знак (таблица 7).

Таблица 7 – Условные обозначения допусков формы и расположения на чертежах

| Допуск формы | | Допуск взаимного расположения | | | |
|------------------------------------|---|-------------------------------|----|---|--|
| Допуск прямолинейности | — | Допуск перпендикулярности | ⊥ | Допуск радиального или торцового биения | |
| Допуск плоскостности | | Допуск параллельности | // | Допуск симметричности | |
| Допуск профиля продольного сечения | = | Допуск наклона | ∠ | Позиционный допуск | |
| Допуск цилиндричности | | Допуск соосности | ◎ | | |
| Допуск круглости | ○ | Допуск пересечения осей | × | | |

На чертеже допуски формы и расположения указываются в рамке, которая разделена на две или три части и соединяется с рассматриваемой поверхностью линией со стрелкой. Базы обозначаются зачерненным равносторонним треугольником.

Одним из качеств поверхности является шероховатость, которая оказывает влияние на работу соединения (твердость, износостойкость, контактная жесткость и другие).

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей с относи-



тельно малыми шагами, образующими рельеф детали и расположенными в пределах базовой длины.

ГОСТ 2.309–73 устанавливает шесть параметров шероховатости поверхности, правила простановки шероховатости на чертежах деталей. К параметрам шероховатости относятся:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;

R_z – высота неровностей по 10 точкам;

R_{max} – расстояние между линией выступов и линией впадин профиля (через самую высокую и самую низкую точки);

S_m – средний шаг неровностей профиля;

S – средний шаг местных выступов профиля – среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины;

t_p – относительная опорная длина профиля – отношение опорной длины к базовой длине.

Примеры простановки допусков формы и взаимного расположения поверхностей и шероховатости поверхности приведены на рисунке 19.

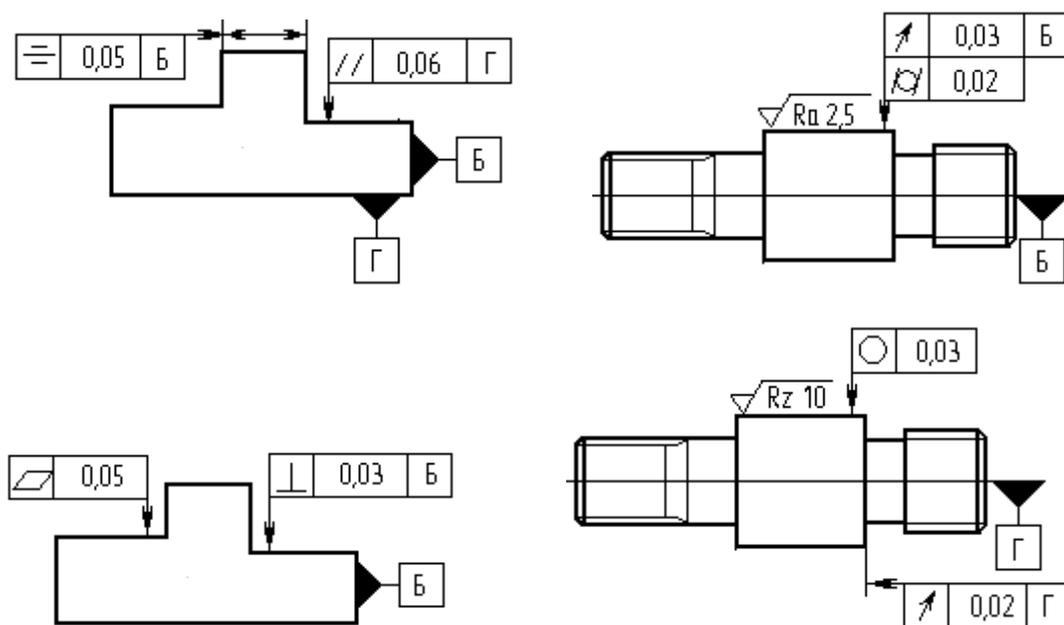


Рисунок 19 – Примеры простановки допусков формы и взаимного расположения поверхностей

Допуски формы и расположения не должны превышать допуски на соответствующий размер. Если допуск формы и расположения равен допуску на размер, то он на чертеже не указывается.

Задача. Вычертить эскизы деталей, представленных на рисунке 20 без указания буквенных обозначений поверхностей. Указать на эскизах следующие допуски и параметры шероховатости, используя данные таблицы 8.

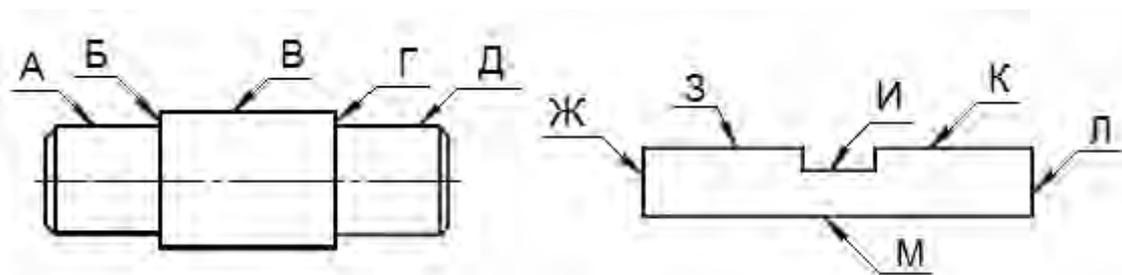


Рисунок 20 – Эскизы деталей

Таблица 8 – Исходные данные к задаче

| Номер варианта | Допуски и параметры шероховатости |
|----------------|---|
| 1 | 2 |
| 1 | <p>Допуск радиального биения поверхности В относительно оси детали ($T = 0,1$ мм).</p> <p>Допуск круглости поверхности В ($T = 0,2$ мм).</p> <p>Допуск перпендикулярности поверхности Л относительно поверхности М ($T = 0,3$ мм).</p> <p>Шероховатость поверхности К (среднее арифметическое отклонение профиля составляет 6,3 мкм)</p> |
| 2 | <p>Допуск круглости поверхности Д ($T = 0,01$ мм).</p> <p>Допуск симметричности паза И относительно поверхностей Л и Ж ($T = 0,1$ мм).</p> <p>Допуск параллельности поверхности К относительно поверхности М ($T = 0,2$ мм).</p> <p>Шероховатость поверхности З (высота неровностей по 10 точкам составляет 12 мкм)</p> |
| 3 | <p>Допуск радиального биения поверхности В относительно оси детали ($T = 0,1$ мм).</p> <p>Допуск круглости поверхности Д ($T = 0,2$ мм).</p> <p>Допуск перпендикулярности поверхности Л относительно поверхности М ($T = 0,3$ мм).</p> <p>Шероховатость поверхности К (среднее арифметическое отклонение профиля составляет 6,3 мкм)</p> |
| 4 | <p>Отклонение от цилиндричности поверхности В ($T = 0,03$ мм).</p> <p>Радиальное биение поверхности А относительно В ($T = 0,02$ мм).</p> <p>Отклонение от симметричности поверхности И относительно поверхности Л ($T = 0,1$ мм).</p> <p>Шероховатость поверхности К (среднее арифметическое отклонение профиля составляет 2,5 мкм)</p> |
| 5 | <p>Допуск цилиндричности поверхности А ($T = 0,05$ мм).</p> <p>Допуск параллельности поверхности З относительно поверхности И ($T = 0,1$ мм).</p> <p>Допуск плоскостности поверхности М ($T = 0,2$ мм).</p> <p>Шероховатость поверхности К (высота неровностей по 10 точкам составляет 20 мкм)</p> |
| 6 | <p>Отклонение от круглости поверхности А ($T = 0,4$ мм).</p> <p>Торцевое биение поверхности Б относительно поверхности В ($T = 0,1$ мм).</p> <p>Отклонение от плоскости поверхности И ($T = 0,1$ мм).</p> <p>Шероховатость поверхности Д (высота неровностей по 10 точкам составляет 5 мкм)</p> |

Продолжение таблицы 8

| 1 | 2 |
|----|--|
| 7 | <p>Допуск круглости поверхности Д ($T = 0,01$ мм). Допуск симметричности паза И относительно поверхностей Л и Ж ($T = 0,2$ мм). Допуск параллельности поверхности К относительно поверхности М ($T = 0,1$ мм). Шероховатость поверхности И (высота неровностей по 10 точкам составляет 12 мкм)</p> |
| 8 | <p>Допуск радиального биения поверхности А относительно оси поверхности В ($T = 0,2$ мм). Допуск круглости поверхности Д ($T = 0,1$ мм). Допуск перпендикулярности поверхности Ж относительно поверхности М ($T = 0,25$ мм). Шероховатость поверхности З (среднее арифметическое отклонение профиля составляет 0,32 мкм)</p> |
| 9 | <p>Отклонение от цилиндричности поверхности А ($T = 0,01$ мм). Радиальное биение поверхности Д относительно поверхности В ($T = 0,02$ мм). Отклонение от симметричности поверхности И относительно поверхности Ж ($T = 0,2$ мм). Шероховатость поверхности З (среднее арифметическое отклонение профиля составляет 0,63 мкм)</p> |
| 10 | <p>Допуск цилиндричности поверхности В ($T = 0,05$ мм). Допуск параллельности поверхности И относительно поверхности З ($T = 0,1$ мм). Допуск плоскостности поверхности М ($T = 0,2$ мм). Шероховатость поверхности К (высота неровностей по 10 точкам составляет 40 мкм)</p> |
| 11 | <p>Отклонение от круглости поверхности Д ($T = 0,2$ мм). Торцевое биение поверхности Г относительно поверхности В ($T = 0,5$ мм). Отклонение от плоскостности поверхности З ($T = 0,2$ мм). Шероховатость поверхности А (высота неровностей по 10 точкам составляет 12,5 мкм)</p> |
| 12 | <p>Допуск круглости поверхности А ($T = 0,1$ мм). Допуск симметричности паза И относительно поверхностей Л и Ж ($T = 0,3$ мм). Допуск торцевого биения поверхности Г относительно оси детали ($T = 0,05$ мм). Шероховатость поверхности З (высота неровностей по 10 точкам составляет 40 мкм)</p> |
| 13 | <p>Отклонение от цилиндричности поверхности В ($T = 0,02$ мм). Радиальное биение поверхности А относительно поверхности В ($T = 0,04$ мм). Отклонение от симметричности поверхности И относительно поверхности Л ($T = 0,3$ мм). Шероховатость поверхности К (среднее арифметическое отклонение профиля составляет 1,25 мкм)</p> |
| 14 | <p>Допуск цилиндричности поверхности В ($T = 0,05$ мм). Допуск параллельности поверхности К относительно поверхности М ($T = 0,25$ мм). Допуск плоскостности поверхности К ($T = 0,3$ мм). Шероховатость поверхности А (высота неровностей по 10 точкам составляет 20 мкм)</p> |



Окончание таблицы 8

| 1 | 2 |
|----|---|
| 15 | Отклонение от цилиндричности поверхности Д ($T = 0,01$ мм). Радиальное биение поверхности Д относительно поверхности В ($T = 0,05$ мм). Отклонение от симметричности поверхности И относительно поверхности Ж ($T = 0,1$ мм). Шероховатость поверхности В (среднее арифметическое отклонение профиля составляет 1,25 мкм) |
| 16 | Отклонение от круглости поверхности Д ($T = 0,2$ мм). Торцевое биение поверхности Г относительно поверхности В ($T = 0,2$ мм). Отклонение от плоскостности поверхности З ($T = 0,2$ мм). Шероховатость поверхности А (высота неровностей по 10 точкам составляет 10 мкм) |

Список литературы

1 **Палей, М. А.** Допуски и посадки : справочник в 2 ч. / М. А. Палей. – 8-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Политехника, 2001. – Ч. 1. – 576 с.

2 **Палей, М. А.** Допуски и посадки: справочник в 2 ч. / М. А. Палей. – 8-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Политехника, 2001. – Ч. 2. – 608 с.

3 **ГОСТ 2.403–75.** Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 11 с.

4 **ГОСТ 1643–81.** Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 65 с.

5 **ГОСТ 3325–85.** Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 21 с.



Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Допуски и отклонения калибров для размеров до 500 мм
(ГОСТ 24853–81)

| Квалитет | Обозначение допусков | Интервал размеров, мм | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------------|--------------------------------|-----------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | | До 3 | Св.3 до 6 | Св. 6 до 10 | Св. 10 до 18 | Св.18 до 30 | Св. 30 до 50 | Св. 50 до 80 | Св. 80 до 120 | Св. 120 до 180 | Св. 180 до 250 | Св. 250 до 315 | Св. 315 до 400 | Св. 400 до 500 | |
| | | Размер и допуски калибров, мкм | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | z | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| | y | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| | a, a ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | z ₁ | 1,5 | 2 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | |
| | y ₁ | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | |
| | H, H _s | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| | H ₁ | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | |
| | H _p | 0,8 | 1 | 1 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 6 | 7 | 8 | |
| 7 | z, z ₁ | 1,5 | 2 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | |
| | y, y ₁ | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| | a, a ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 6 | 7 | |
| | H, H ₁ | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | |
| | H _s | – | – | 1,5 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| | H _p | 0,8 | 1 | 1 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 6 | 7 | 8 | |
| 8 | z, z ₁ | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 14 | 16 | 18 | |
| | y, y ₁ | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 9 | 9 | 11 | |
| | a, a ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 | 7 | 9 | |
| | H | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | |
| | H ₁ | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | |
| | H _p | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 9 | z, z ₁ | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 18 | 21 | 24 | 28 | 32 | |
| | y, y ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | a, a ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 | 7 | 9 | |
| | H | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | |
| | H ₁ | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | |
| | H _p | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | |



Таблица А.2 – Шероховатость рабочих поверхностей калибров

| | | |
|---|---------------|-----------------|
| Квалитет точности контролируемой детали | IT6, IT7, IT8 | IT9, IT10, IT11 |
| Шероховатость поверхности калибра Ra, мкм | 0,08 | 0,16 |

Таблица А.3 – Шарикоподшипники радиальные однорядные (ГОСТ 8338–85)

| Обозначение подшипника | Размер, мм | | | | Обозначение подшипника | Размер, мм | | | |
|------------------------|------------|-----|-----|----|------------------------|------------|-----|-----|----|
| | D | d | r | B | | D | d | r | B |
| <i>Легкая серия</i> | | | | | 310 | 110 | 50 | 3 | 27 |
| 210 | 90 | 50 | 2 | 20 | 311 | 120 | 55 | 3 | 29 |
| 211 | 100 | 55 | 2,5 | 21 | 312 | 130 | 60 | 3,5 | 31 |
| 212 | 110 | 60 | 2,5 | 22 | 313 | 140 | 65 | 3,5 | 33 |
| 213 | 120 | 65 | 2,5 | 23 | 314 | 150 | 70 | 3,5 | 35 |
| 214 | 125 | 70 | 2,5 | 24 | 315 | 160 | 75 | 3,5 | 37 |
| 215 | 130 | 75 | 2,5 | 25 | 316 | 170 | 80 | 3,5 | 39 |
| 216 | 140 | 80 | 3 | 26 | 317 | 180 | 85 | 4 | 41 |
| 217 | 150 | 85 | 3 | 28 | 318 | 190 | 90 | 4 | 43 |
| 218 | 160 | 90 | 3 | 30 | 319 | 200 | 95 | 4 | 45 |
| 219 | 170 | 95 | 3,5 | 32 | 320 | 215 | 100 | 4 | 47 |
| 220 | 180 | 100 | 3,5 | 34 | <i>Тяжелая серия</i> | | | | |
| <i>Средняя серия</i> | | | | | 404 | 72 | 20 | 2 | 19 |
| 304 | 52 | 20 | 2 | 15 | 405 | 80 | 25 | 2,5 | 21 |
| 305 | 62 | 25 | 2 | 17 | 406 | 90 | 30 | 2,5 | 23 |
| 306 | 72 | 30 | 2 | 19 | 407 | 100 | 35 | 2,5 | 25 |
| 307 | 80 | 35 | 2,5 | 21 | 408 | 110 | 40 | 3 | 27 |
| 308 | 90 | 40 | 2,5 | 23 | 409 | 120 | 45 | 3 | 29 |
| 309 | 100 | 45 | 2,5 | 25 | 410 | 130 | 50 | 3,5 | 31 |

Таблица А.4 – Допустимые интенсивности радиальных нагрузок на посадочные поверхности вала

| Диаметр d, мм | Допустимое значение P _r при посадке на вал, Н/мм | | | |
|----------------|---|----------|-----------|-----------|
| | js5, js6 | к5, к6 | m5, m6 | n5, n6 |
| Св. 18 до 80 | 0–300 | 300–1400 | 1400–1600 | 1600–3000 |
| Св. 80 до 180 | 0–600 | 600–2000 | 2000–2500 | 2500–4000 |
| Св. 180 до 360 | 0–700 | 700–3000 | 3000–3500 | 3500–6000 |
| Св. 360 до 630 | 0–900 | 900–3500 | 3500–4500 | 4500–8000 |



Таблица А.5 – Допустимые интенсивности радиальных нагрузок на посадочные поверхности корпуса

| Диаметр D, мм | | Допустимое значение P_r при посадке на вал, Н/мм | | | |
|---------------|------|--|-----------|-----------|-----------|
| св. | до | K6, K7 | M6, M7 | N6, N7 | P7 |
| 50 | 180 | 0–800 | 800–1000 | 1000–1300 | 1300–2500 |
| 180 | 360 | 0–1000 | 1000–1500 | 1500–2000 | 2000–3300 |
| 360 | 630 | 0–1200 | 1200–2000 | 2000–2600 | 2600–4000 |
| 630 | 1600 | 0–1600 | 1600–2500 | 2500–3500 | 3500–5500 |

Таблица А.6 – Предельные отклонения внутренних колец подшипников (ГОСТ 520–89)

| Интервал диаметров d, мм | Класс точности подшипника | | | | Интервал диаметров d, мм | Класс точности подшипника | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|-----|----|----|--------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|
| | 0 | 6 | 5 | 4 | | 0 | 6 | 5 | 4 |
| | Нижнее предельное отклонение, мкм | | | | | Нижнее предельное отклонение, мкм | | | |
| Св. 2,5 до 10 | -8 | -7 | -5 | -4 | Св. 50 до 80 | -15 | -12 | -9 | -7 |
| Св. 10 до 18 | -8 | -7 | -5 | -4 | Св. 80 до 120 | -20 | -15 | -10 | -8 |
| Св. 18 до 30 | -10 | -8 | -6 | -5 | Св. 120 до 180 | -25 | -18 | -13 | -10 |
| Св. 30 до 50 | -12 | -10 | -8 | -6 | | | | | |

Примечание – Верхние предельные отклонения ES = 0

Таблица А.7 – Предельные отклонения наружных колец подшипников (ГОСТ 520–89)

| Интервал диаметров D, мм | Класс точности подшипника | | | | Интервал диаметров D, мм | Класс точности подшипника | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|-----|----|----|--------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|
| | 0 | 6 | 5 | 4 | | 0 | 6 | 5 | 4 |
| | Нижнее предельное отклонение, мкм | | | | | Нижнее предельное отклонение, мкм | | | |
| Св. 2,5 до 6 | -8 | -7 | -5 | -4 | Св. 80 до 120 | -15 | -13 | -10 | -8 |
| Св. 6 до 18 | -8 | -7 | -5 | -4 | Св. 120 до 150 | -18 | -15 | -11 | -9 |
| Св. 18 до 30 | -9 | -8 | -6 | -5 | Св. 150 до 180 | -25 | -18 | -13 | -10 |
| Св. 30 до 50 | -11 | -9 | -7 | -6 | Св. 180 до 250 | -30 | -20 | -15 | -11 |
| Св. 50 до 80 | -13 | -11 | -9 | -7 | Св. 250 до 315 | -35 | -25 | -18 | -13 |

Примечание – Верхние предельные отклонения es = 0



Таблица А.8 – Поля допусков для отверстий корпусов и валов при местном нагружении колец подшипников

| Нагружение | Диаметр отверстия | Корпус стальной или чугунный | | Для валов |
|--|-------------------|------------------------------|------------|-------------|
| | | неразъемный | разъемный | |
| Спокойное или с умеренными толчками и вибрацией. Перегрузка до 150 % | < 80 | H6, H7 | H6, H7, H8 | h5, h6, g5 |
| | 80–260 | G6, G7 | | g6, f6, js6 |
| С ударами и вибрацией. Перегрузка до 300 % | < 80 | Js6, Js7 | Js6, Js7 | h5, h6 |
| | 80–260 | H6, H7 | | g5, g6 |

Таблица А.9 – Допускаемые погрешности измерений

В микрометрах

| Номинальный размер | Квалитет | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------|---------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|-----|---------------|-----|---------------|
| | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | |
| | IT | $\delta_{из}$ | IT | $\delta_{из}$ | IT | $\delta_{из}$ | IT | $\delta_{из}$ | IT | $\delta_{из}$ | IT | $\delta_{из}$ |
| До 3 | 4 | 1,4 | 6 | 1,8 | 10 | 3,0 | 14 | 3,0 | 25 | 6 | 40 | 8 |
| Св. 3 до 6 | 5 | 1,6 | 8 | 2,0 | 12 | 3,0 | 18 | 4,0 | 30 | 8 | 48 | 10 |
| Св. 6 до 10 | 6 | 2,0 | 9 | 2,0 | 15 | 4,0 | 22 | 5,0 | 36 | 9 | 58 | 12 |
| Св. 10 до 18 | 8 | 2,8 | 11 | 3,0 | 18 | 5,0 | 27 | 7,0 | 43 | 10 | 70 | 14 |
| Св. 18 до 30 | 9 | 3,0 | 13 | 4,0 | 21 | 6,0 | 33 | 8,0 | 52 | 12 | 84 | 18 |
| Св. 30 до 50 | 11 | 4,0 | 16 | 5,0 | 25 | 7,0 | 39 | 10,0 | 62 | 16 | 100 | 20 |
| Св. 50 до 80 | 13 | 4,0 | 19 | 5,0 | 30 | 9,0 | 46 | 12,0 | 74 | 18 | 120 | 30 |
| Св. 80 до 120 | 15 | 5,0 | 22 | 6,0 | 35 | 10,0 | 54 | 12,0 | 87 | 20 | 140 | 30 |
| Св. 120 до 180 | 18 | 6,0 | 25 | 7,0 | 40 | 12,0 | 63 | 16,0 | 100 | 30 | 160 | 40 |
| Св. 180 до 250 | 20 | 7,0 | 29 | 8,0 | 46 | 12,0 | 72 | 18,0 | 115 | 30 | 185 | 40 |
| Св. 250 до 315 | 23 | 8,0 | 32 | 10,0 | 52 | 14,0 | 81 | 20,0 | 130 | 30 | 210 | 50 |
| Св. 315 до 400 | 25 | 9,0 | 36 | 10,0 | 57 | 16,0 | 89 | 24,0 | 140 | 40 | 230 | 50 |
| Св. 400 до 500 | 27 | 9,0 | 40 | 12,0 | 63 | 18,0 | 97 | 26,0 | 155 | 40 | 250 | 50 |

Примечание – IT – допуски размеров, мкм; $\delta_{из}$ – допускаемые погрешности измерений, мкм

Таблица А.10 – Техническая характеристика штангенциркулей (ГОСТ 166–80)

| Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Показание нониуса, мм | Допускаемая погрешность при отсчёте по нониусу, мм, не более | Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Показание нониуса, мм | Допускаемая погрешность при отсчёте по нониусу, мм, не более |
|-------------|------------------------|-----------------------|--|-------------|------------------------|-----------------------|--|
| ШЦ-I | До 125 | 0,1 | $\pm 0,1$ | ШЦ-III | До 160 | 0,1 | $\pm 0,1$ |
| ШЦ-II | До 150 | 0,05 | $\pm 0,1$ | ШЦ-III | До 400 | 0,1 | $\pm 0,1$ |
| ШЦ-II | До 250 | 0,05 | $\pm 0,1$ | ШЦ-III | 250–630 | 0,1 | $\pm 0,1$ |



Таблица А.11 – Технические характеристики микрометров (ГОСТ 6507–8)

| Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Цена деления, мм | Допускаемая погрешность для приборов класса точности 2, мм, не более | Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Цена деления, мм | Допускаемая погрешность для приборов класса точности 2, мм, не более |
|-------------|------------------------|------------------|--|-------------|------------------------|------------------|--|
| МК–25 | 0–25 | 0,01 | ± 0,004 | МК–200 | 175–200 | 0,01 | ± 0,005 |
| МК–50 | 25–50 | 0,01 | ± 0,004 | МК–225 | 200–225 | 0,01 | ± 0,006 |
| МК–75 | 50–75 | 0,01 | ± 0,004 | МК–250 | 225–250 | 0,01 | ± 0,006 |
| МК–100 | 75–100 | 0,01 | ± 0,004 | МК–275 | 250–275 | 0,01 | ± 0,006 |
| МК–125 | 100–125 | 0,01 | ± 0,005 | МК–300 | 275–300 | 0,01 | ± 0,006 |
| МК–150 | 125–150 | 0,01 | ± 0,005 | МК–400 | 300–400 | 0,01 | ± 0,008 |
| МК–175 | 150–175 | 0,01 | ± 0,005 | МК–500 | 400–500 | 0,01 | ± 0,010 |

Таблица А.12 – Технические характеристики микрометров рычажных (ГОСТ 6507–78)

| Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Цена деления, мм | Допускаемая погрешность, мм, не более | Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Цена деления, мм | Допускаемая погрешность, мм, не более |
|-------------|------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------|------------------------|------------------|---------------------------------------|
| МР–25 | 0–25 | 0,02 | ± 0,003 | МРИ–200 | 150–200 | 0,02 | ± 0,006 |
| МР–50 | 25–50 | 0,02 | ± 0,003 | МРИ–250 | 200–250 | 0,02 | ± 0,006 |
| МР–75 | 50–75 | 0,02 | ± 0,003 | МРИ–300 | 250–300 | 0,02 | ± 0,006 |
| МР–100 | 75–100 | 0,02 | ± 0,003 | МРИ–400 | 300–400 | 0,02 | ± 0,006 |
| МРИ–125 | 100–125 | 0,02 | ± 0,005 | МРИ–500 | 400–500 | 0,01 | ± 0,008 |
| МРИ–150 | 125–150 | 0,02 | ± 0,005 | | | | |

Таблица А.13 – Технические характеристики скоб с отсчетным механизмом (ГОСТ 11098–75)

| Скоба | Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Цена деления, мм | Допускаемая погрешность, мм, не более | Скоба | Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Цена деления, мм | Допускаемая погрешность, мм, не более |
|----------|-------------|------------------------|------------------|---------------------------------------|--------------|-------------|------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Рычажная | СР–25 | 0–25 | 0,02 | ± 0,002 | Индикаторная | СИ–50 | 0–50 | 0,01 | ± 0,008 |
| | СР–50 | 25–50 | 0,02 | ± 0,002 | | СИ–100 | 50–100 | 0,01 | ± 0,008 |
| | СР–75 | 50–75 | 0,02 | ± 0,002 | | СИ–200 | 100–200 | 0,01 | ± 0,010 |
| | СР–100 | 75–100 | 0,02 | ± 0,002 | | СИ–300 | 200–300 | 0,01 | ± 0,010 |
| | СР–125 | 100–125 | 0,02 | ± 0,002 | | СИ–400 | 300–400 | 0,01 | ± 0,012 |
| | СР–150 | 125–150 | 0,02 | ± 0,002 | | СИ–500 | 400–500 | 0,01 | ± 0,012 |



Таблица А.14 – Техническая характеристика нутромеров

| Нутромер | Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Допускаемая погрешность, мм, не более | Нутромер | Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Допускаемая погрешность, мм, не более |
|--|-------------|------------------------|---------------------------------------|---|-------------|------------------------|---------------------------------------|
| Инди- катор- ный (ГОСТ 868–82) | НИ 10 | 6–10 | ± 0,012 | С измери- тельными головками (ГОСТ 9244–75) | 153 | 1,5–2,0 | ± 0,0018 |
| | НИ 18 | 10–18 | ± 0,012 | | 116 | 2–3 | ± 0,0018 |
| | НИ 50Л | 18–50 | ± 0,015 | | 103 | 3–6 | ± 0,0018 |
| | НИ 100 | 50–100 | ± 0,018 | | 104 | 6–10 | ± 0,0018 |
| | НИ 160 | 100–160 | ± 0,018 | | 105 | 10–18 | ± 0,0035 |
| | НИ 250 | 160–250 | ± 0,018 | | 109 | 18–50 | ± 0,0035 |
| НИ 450 | 250–450 | + 0,022 | 154 | 50–100 | ± 0,004 | | |
| | | | | 155 | 100–160 | ± 0,004 | |
| | | | | 156 | 160–260 | ± 0,004 | |

Таблица А.15 – Технические характеристики нутромеров микрометрических (ГОСТ 10–75)

| Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Допускаемая погрешность, мм, не более | Тип, модель | Диапазон измерения, мм | Допускаемая погрешность, мм, не более |
|-------------|------------------------|---------------------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------------|
| НМ 50–75 | 50–75 | ± 0,004 | НМ 75–600 | 75–600 | ± 0,015 |
| НМ 75–175 | 75–175 | ± 0,006 | НМ 150–1250 | 150–1250 | ± 0,020 |

Таблица А.16 – Требования к базовым отверстиям насадных зубчатых (червячных) колёс

| Степень точности | Точность отверстия (ГОСТ 25347–82) | Шероховатость отверстия Ra, мкм |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 3–5 | H4, H5 | 0,32–0,63 |
| 6–7 | H6, H7 | 0,63–1,25 |
| 8 и выше | H7, H8 | 1,25–2,5 |

Таблица А.17 – Зависимость степеней точности по нормам плавности работы передачи от окружной скорости

| Степень точности по норме плавности | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--|--------------|-------------|------------|------|
| Окружная скорость V, м/с | Св. 10 до 15 | Св. 8 до 10 | Св. 2 до 8 | До 2 |
| Шероховатость рабочей поверхности зубьев Ra, мкм | 0,63 | 1,25 | 3,2 | 6,3 |



Таблица А.18 – Норма бокового зазора (показатель $j_{n \min}$ – гарантированный боковой зазор) ГОСТ 1643–81

| Вид сопряжения | Класс отклонений межосевого расстояния | Межосевое расстояние a_w | | | | | | | | |
|----------------|--|----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | До 80 | От 80 до 125 | От 125 до 180 | От 180 до 215 | От 215 до 250 | От 250 до 315 | От 315 до 400 | От 400 до 500 | От 500 до 630 |
| | | В микрометрах | | | | | | | | |
| Н | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Е | II | 30 | 35 | 40 | 46 | 52 | 57 | 63 | 70 | 80 |
| Д | III | 46 | 54 | 63 | 72 | 81 | 89 | 97 | 110 | 125 |
| С | IV | 74 | 87 | 100 | 115 | 130 | 140 | 155 | 175 | 200 |
| В | V | 120 | 140 | 160 | 185 | 210 | 230 | 250 | 280 | 320 |
| А | VI | 190 | 220 | 250 | 290 | 320 | 360 | 400 | 440 | 500 |

Таблица А.19 – Соответствие вида сопряжения степени точности по нормам плавности цилиндрических зубчатых колес

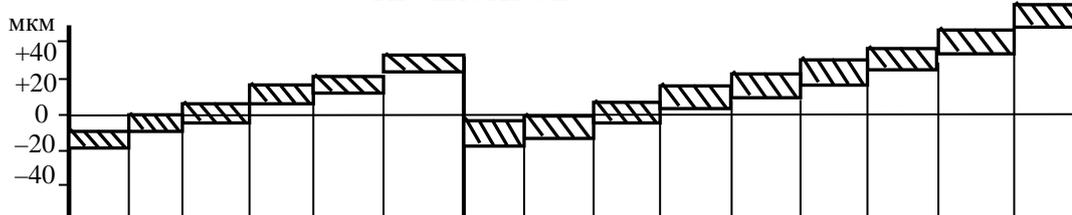
| Вид сопряжения | Н | Е | Д | С | В | А |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Степень точности по нормам плавности | 3–7 | 3–7 | 3–8 | 3–9 | 3–11 | 3–12 |



Приложение Б (справочное)

Предельные отклонения и поля допусков для размеров от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347-82)

Квалитеты 4 и 5



| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | g4 | h4 | js4 | k4 | m4 | n4 | g5 | h5 | js5 | k5 | m5 | n5 | p5 | r5 | s5 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -2 | 0 | +1,5 | +3 | +5 | +7 | -2 | 0 | +2,0 | +4 | +6 | +8 | +10 | +14 | +18 |
| | -5 | -3 | -1,5 | 0 | +2 | +4 | -6 | -4 | -2,0 | 0 | +2 | +4 | +6 | +10 | +14 |
| Св. 3 до 6 | -4 | 0 | +2,0 | +5 | +8 | +12 | -4 | 0 | +2,5 | +6 | +9 | +13 | +17 | +20 | +24 |
| | -8 | -4 | -2,0 | +1 | +4 | +8 | -9 | -5 | -2,5 | +1 | +4 | +8 | +12 | +15 | +19 |
| Св. 6 до 10 | -5 | 0 | +2,0 | +5 | +10 | +14 | -5 | 0 | +3,0 | +7 | +12 | +16 | +21 | +25 | +29 |
| | -9 | -4 | -2,0 | +1 | +6 | +10 | -11 | -6 | -3,0 | +1 | +6 | +10 | +15 | +19 | +23 |
| Св. 10 до 14 | -6 | 0 | +2,5 | +6 | +12 | +17 | -6 | 0 | +4,0 | +9 | +15 | +20 | +26 | +31 | +36 |
| Св. 14 до 18 | -11 | -5 | -2,5 | +1 | +7 | +12 | -14 | -8 | -4,0 | +1 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 |
| Св. 18 до 24 | -7 | 0 | +3,0 | +8 | +14 | +21 | -7 | 0 | +4,5 | +11 | +17 | +24 | +31 | +37 | +44 |
| Св. 24 до 30 | -13 | -6 | -3,0 | +2 | +8 | +15 | -16 | -9 | -4,5 | +2 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 |
| Св. 30 до 40 | -9 | 0 | +3,5 | +9 | +16 | +24 | -9 | 0 | +5,5 | +13 | +20 | +28 | +37 | +45 | +54 |
| Св. 40 до 50 | -16 | -7 | -3,5 | +2 | +9 | +17 | -20 | -11 | -5,5 | +2 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 |
| Св. 50 до 65 | | | | | | | | | | | | | | +54 | +66 |
| Св. 65 до 80 | -10 | 0 | +4,0 | +10 | +19 | +28 | -10 | 0 | +6,5 | +15 | +24 | +33 | +45 | +41 | +53 |
| | -18 | -8 | -4,0 | +2 | +11 | +20 | -23 | -13 | -6,5 | +2 | +11 | +20 | +32 | +56 | +72 |
| Св. 80 до 100 | | | | | | | | | | | | | | +43 | +59 |
| Св. 100 до 120 | -12 | 0 | +5,0 | +13 | +23 | +33 | -12 | 0 | +7,5 | +18 | +28 | +38 | +52 | +66 | +86 |
| | -22 | -10 | -5,0 | +3 | +13 | +23 | -27 | -15 | -7,5 | +3 | +13 | +23 | +37 | +51 | +71 |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | | | | | | | +69 | +94 |
| Св. 140 до 160 | -14 | 0 | +6,0 | +15 | +27 | +39 | -14 | 0 | +9,0 | +21 | +33 | +45 | +61 | +81 | +110 |
| | -26 | -12 | -6,0 | +3 | +15 | +27 | -32 | -18 | -9,0 | +3 | +15 | +27 | +43 | +63 | +92 |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | | | | | | +83 | +118 |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | | | | | | +65 | +100 |
| | | | | | | | | | | | | | | +86 | +126 |
| Св. 200 до 225 | -15 | 0 | +7,0 | +18 | +31 | +45 | -15 | 0 | +10,0 | +24 | +37 | +51 | +70 | +97 | +142 |
| | -29 | -14 | -7,0 | +4 | +17 | +31 | -35 | -20 | -10,0 | +4 | +17 | +31 | +50 | +77 | +122 |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | | | | | | +100 | +150 |
| Св. 250 до 280 | | | | | | | | | | | | | | +80 | +130 |
| | | | | | | | | | | | | | | +104 | +160 |
| Св. 280 до 315 | -17 | 0 | +8,0 | +20 | +36 | +50 | -17 | 0 | +11,5 | +27 | +43 | +57 | +79 | +117 | +181 |
| | -33 | -16 | -8,0 | +4 | +20 | +34 | -40 | -23 | -11,5 | +4 | +20 | +34 | +56 | +94 | +158 |
| Св. 315 до 355 | | | | | | | | | | | | | | +121 | +193 |
| Св. 355 до 400 | -18 | 0 | +9,0 | +22 | +39 | +55 | -18 | 0 | +12,5 | +29 | +46 | +62 | +87 | +133 | +215 |
| | -36 | -18 | -9,0 | +4 | +21 | +37 | -43 | -25 | -12,5 | +4 | +21 | +37 | +62 | +108 | +190 |
| | | | | | | | | | | | | | | +139 | +233 |
| | | | | | | | | | | | | | | +114 | +208 |

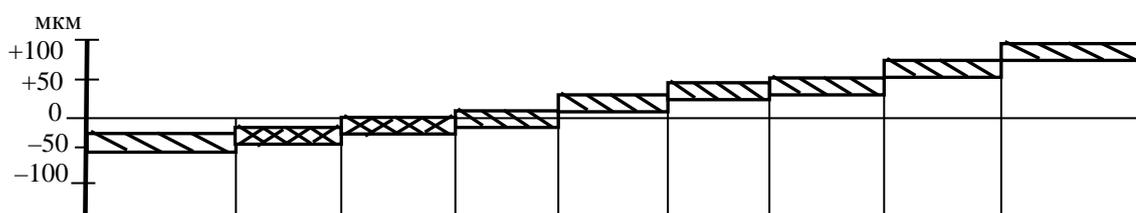


Квалитет 6

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|------------|----------|----------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | f6 | g6 | h6 | js6 | k6 | m6 | n6 | p6 | r6 | s6 | t6 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -6 -12 | -2 -8 | 0 -6 | +3,0 -3,0 | +6 0 | +8 +2 | +10 +4 | +12 +6 | +16 +10 | +20 +14 | - |
| Св. 3 до 6 | -10 -18 | -4 -12 | 0 -8 | +4,0 -4,0 | +9 +1 | +12 +4 | +16 +8 | +20 +12 | +23 +15 | +27 +19 | - |
| Св. 6 до 10 | -13 -22 | -5 -14 | 0 -9 | +4,5 -4,5 | +10 +1 | +15 +6 | +19 +10 | +24 +15 | +28 +19 | +32 +23 | - |
| Св. 10 до 14 | -16 | -6 | 0 | +5,5 | +12 | +18 | +23 | +29 | +34 | +39 | - |
| Св. 14 до 18 | -27 | -17 | -11 | -5,5 | +1 | +7 | +12 | +18 | +23 | +28 | - |
| Св. 18 до 24 | -20 | -7 | 0 | +6,5 | +15 | +21 | +28 | +35 | +41 | +48 | - |
| Св. 24 до 30 | -33 | -20 | -13 | -6,5 | +2 | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | +54 +41 |
| Св. 30 до 40 | -25 | -9 | 0 | +8,0 | +18 | +25 | +33 | +42 | +50 | +59 | +64 +48 |
| Св. 40 до 50 | -41 | -25 | -16 | -8,0 | +2 | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +70 +54 |
| Св. 50 до 65 | -30 | -10 | 0 | +9,5 | +21 | +30 | +39 | +51 | +60 +41 | +72 +53 | +85 +66 |
| Св. 65 до 80 | -49 | -29 | -19 | -9,5 | +2 | +11 | +20 | +32 | +62 +43 | +78 +59 | +94 +75 |
| Св. 80 до 100 | -36 | -12 | 0 | +11,0 | +25 | +35 | +45 | +59 | +73 +51 | +93 +71 | +113 +91 |
| Св. 100 до 120 | -58 | -34 | -22 | -11,0 | +3 | +13 | +23 | +37 | +76 +54 | +101 +79 | +126 +104 |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | | +88 +63 | +117 +92 | +147 +122 |
| Св. 140 до 160 | -43 -68 | -14 -39 | 0 -25 | +12,5 -12,5 | +28 +3 | +40 +15 | +52 +27 | +68 +43 | +90 +65 | +125 +100 | +159 +134 |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | +93 +68 | +133 +108 | +171 +146 |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | +106 +77 | +151 +122 | +195 +166 |
| Св. 200 до 225 | -50 -79 | -15 -44 | 0 -29 | +14,5 -14,5 | +33 +4 | +46 +17 | +60 +31 | +79 +50 | +109 +80 | +159 +130 | +209 +180 |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | +113 +84 | +169 +140 | +225 +196 |
| Св. 250 до 280 | -56 | -17 | 0 | +16,0 | +36 | +52 | +66 | +88 | +126 +94 | +190 +158 | +250 +218 |
| Св. 280 до 315 | -88 | -49 | -32 | -16,0 | +4 | +20 | +34 | +56 | +130 +98 | +202 +170 | +272 +240 |
| Св. 315 до 355 | -62 | -18 | 0 | +18,0 | +40 | +57 | +73 | +98 | +144 +108 | +226 +190 | +304 +268 |
| Св. 355 до 400 | -98 | -54 | -36 | -18,0 | +4 | +21 | +37 | +62 | +150 +114 | +244 +208 | +330 +294 |
| Св. 400 до 450 | -68 | -20 | 0 | +20,0 | +45 | +63 | +80 | +108 | +166 +126 | +272 +232 | +370 +330 |
| Св. 450 до 500 | -108 | -60 | -40 | -20,0 | +5 | +23 | +40 | +68 | +172 +132 | +292 +252 | +400 +360 |



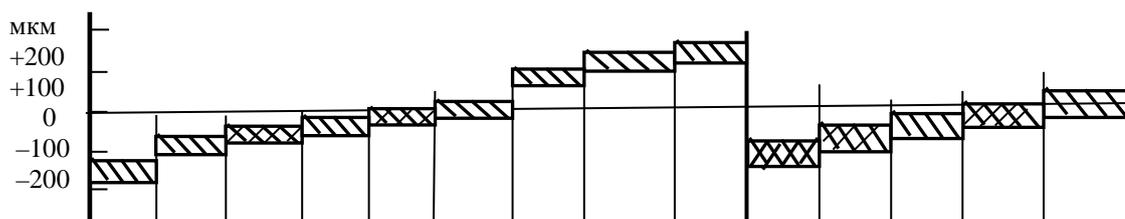
Квалитет 7



| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | e7 | f7 | h7 | js7 | k7 | m7 | n7 | s7 | u7 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -14 | -6 | 0 | +5 | +10 | - | +14 | +24 | +28 |
| | -24 | -16 | -10 | -5 | 0 | - | +4 | +14 | +18 |
| Св. 3 до 6 | -20 | -10 | 0 | +6 | +13 | +16 | +20 | +31 | +35 |
| | -32 | -22 | -12 | -6 | +1 | +4 | +8 | +19 | +23 |
| Св. 6 до 10 | -25 | -13 | 0 | +7 | +16 | +21 | +25 | +38 | +43 |
| | -40 | -28 | -15 | -7 | +1 | +6 | +10 | +23 | +28 |
| Св. 10 до 14 | -32 | -16 | 0 | +9 | +19 | +25 | +30 | +46 | +51 |
| | Св. 14 до 18 | -50 | -34 | -18 | -9 | +1 | +7 | +12 | +28 |
| Св. 18 до 24 | | -40 | -20 | 0 | +10 | +23 | +29 | +36 | +56 |
| | Св. 24 до 30 | -61 | -41 | -21 | -10 | +2 | +8 | +15 | +35 |
| Св. 30 до 40 | | -50 | -25 | 0 | +12 | +27 | +34 | +42 | +68 |
| | Св. 40 до 50 | -75 | -50 | -25 | -12 | +2 | +9 | +17 | +43 |
| Св. 50 до 65 | | -60 | -30 | 0 | +15 | +32 | +41 | +50 | +83 |
| | Св. 65 до 80 | -90 | -60 | -30 | -15 | +2 | +11 | +20 | +53 |
| Св. 80 до 100 | | -72 | -36 | 0 | +17 | +38 | +48 | +58 | +89 |
| | Св. 100 до 120 | -107 | -71 | -35 | -17 | +3 | +13 | +23 | +59 |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | | +106 |
| | Св. 140 до 160 | -85 | -43 | 0 | +20 | +43 | +55 | +67 | +71 |
| Св. 160 до 180 | | -125 | -83 | -40 | -20 | +3 | +15 | +27 | +89 |
| | Св. 180 до 200 | | | | | | | | +114 |
| Св. 200 до 225 | | -100 | -50 | 0 | +23 | +50 | +63 | +77 | +79 |
| | Св. 225 до 250 | -146 | -96 | -46 | -23 | +4 | +17 | +31 | +132 |
| Св. 250 до 280 | | | | | | | | | +140 |
| | Св. 280 до 315 | -110 | -56 | 0 | +26 | +56 | +72 | +86 | +148 |
| Св. 315 до 355 | | -125 | -62 | 0 | +28 | +61 | +78 | +94 | +108 |
| | Св. 355 до 400 | -182 | -119 | -57 | -28 | +4 | +21 | +37 | +132 |
| Св. 400 до 450 | | -135 | -68 | 0 | +31 | +68 | +86 | +103 | +140 |
| | Св. 450 до 500 | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +168 |
| | | | | | | | | | +176 |
| | | | | | | | | +130 | +236 |
| | | | | | | | | +186 | +304 |
| | | | | | | | | +140 | +258 |
| | | | | | | | | +210 | +330 |
| | | | | | | | | +158 | +284 |
| | | | | | | | | +222 | +367 |
| | | | | | | | | +170 | +315 |
| | | | | | | | | +247 | +402 |
| | | | | | | | | +190 | +350 |
| | | | | | | | | +265 | +447 |
| | | | | | | | | +208 | +390 |
| | | | | | | | | +295 | +492 |
| | | | | | | | | +232 | +435 |
| | | | | | | | | +315 | +553 |
| | | | | | | | | +252 | +490 |
| | | | | | | | | | 603 |
| | | | | | | | | | +540 |



Квалитеты 8 и 9



| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--------------|-------------|----------|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------|------------|
| | c8 | d8 | e8 | f8 | h8 | js8 | u8 | x8 | z8 | d9 | e9 | f9 | h9 | js9 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | -60 -74 | -20 -34 | -14 -28 | -6 -20 | 0 -14 | +7 -7 | +32 +18 | +34 +20 | +40 +26 | -20 -45 | -14 -39 | -6 -31 | 0 -25 | +12 -12 |
| Св. 3 до 6 | -70 -88 | -30 -48 | -20 -38 | -10 -28 | 0 -18 | +9 -9 | +41 +23 | +46 +28 | +53 +35 | -30 -60 | -20 -50 | -10 -40 | 0 -30 | +15 -15 |
| Св. 6 до 10 | -80 -102 | -40 -62 | -25 -47 | -13 -35 | 0 -22 | +11 -11 | +50 +28 | +56 +34 | +64 +42 | -40 -76 | -25 -61 | -13 -49 | 0 -36 | +18 -18 |
| Св. 10 до 14 | -95 -122 | -50 -77 | -32 -59 | -16 -43 | 0 -27 | +13 -13 | +60 +33 | +40 +72 +45 | +50 +87 +60 | -50 -93 | -32 -75 | -16 -59 | 0 -43 | +21 -21 |
| Св. 14 до 18 | -110 -143 | -65 -98 | -40 -73 | -20 -53 | 0 -33 | +16 -16 | +74 +41 +81 +48 | +87 +54 +97 +64 | +106 +73 +121 +88 | -65 -117 | -40 -92 | -20 -72 | 0 -52 | +26 -26 |
| Св. 18 до 24 | -120 -159 | -80 -119 | -50 -89 | -25 -64 | 0 -39 | +19 -19 | +99 +60 +109 +70 | +119 +80 +136 +97 | +151 +112 +175 +136 | -80 -142 | -50 -112 | -25 -87 | 0 -62 | +31 -31 |
| Св. 24 до 30 | -130 -169 | -100 -146 | -60 -106 | -30 -76 | 0 -46 | +23 -23 | +133 +87 +148 +102 | +168 +122 +192 +146 | +218 +172 +256 +210 | -100 -174 | -60 -134 | -30 -104 | 0 -74 | +37 -37 |
| Св. 30 до 40 | -140 -186 | -110 -150 -196 | -70 -106 | -36 -76 | 0 -46 | +27 -27 | +178 +124 +198 +144 | +232 +178 +264 +210 | +312 +258 +364 +310 | -120 -207 | -72 -159 | -36 -123 | 0 -87 | +43 -43 |
| Св. 40 до 50 | -170 -224 | -120 -174 | -72 -126 | -36 -90 | 0 -54 | +27 -27 | +233 +170 | +311 +248 | +428 +365 | | | | | |
| Св. 50 до 65 | -210 -273 | -145 -208 | -85 -148 | -43 -106 | 0 -63 | +31 -31 | +253 +190 | +343 +280 | +478 +415 | -145 -245 | -85 -185 | -43 -143 | 0 -100 | +50 -50 |
| Св. 65 до 80 | -230 -293 | | | | | | +273 +210 | +373 +310 | +528 +465 | | | | | |
| Св. 80 до 100 | -240 -312 | | | | | | +308 +236 | +422 +350 | +592 +520 | | | | | |
| Св. 100 до 120 | -260 -332 | -170 -242 | -100 -172 | -50 -122 | 0 -72 | +36 -36 | +330 +258 | +457 +385 | +647 +575 | -170 -285 | -100 -215 | -50 -165 | 0 -115 | +57 -57 |
| Св. 120 до 140 | -280 -350 | | | | | | +356 +284 | +497 +425 | +712 +640 | | | | | |
| Св. 140 до 160 | -300 -381 | -190 -271 | -110 -191 | -56 -137 | 0 -81 | +40 -40 | +396 +315 | +556 +475 | +791 +710 | -190 -320 | -110 -240 | -56 -186 | 0 -130 | +65 -65 |
| Св. 160 до 180 | -330 -411 | | | | | | +431 +350 | +606 +525 | +871 +790 | | | | | |
| Св. 180 до 200 | -360 -449 | -210 -299 | -125 -214 | -62 -151 | 0 -89 | +44 -44 | +479 +390 | +679 +590 | +989 +900 | -210 -350 | -125 -265 | -62 -202 | 0 -140 | +70 -70 |
| Св. 200 до 225 | -400 -489 | | | | | | +524 +435 | +749 +660 | +1089 +1000 | | | | | |
| Св. 225 до 250 | -440 -537 | -230 -327 | -135 -232 | -68 -165 | 0 -97 | +48 -48 | +587 +490 | +837 +740 | +1197 +1100 | -230 -385 | -135 -290 | -68 -223 | 0 -155 | +77 -77 |
| Св. 250 до 280 | -480 -577 | | | | | | +637 +540 | +917 +820 | +1347 +1250 | | | | | |

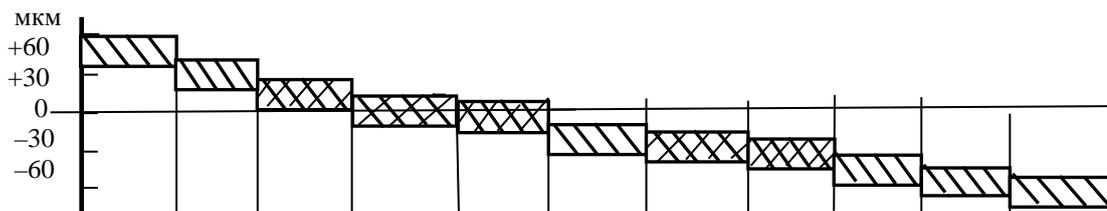


Квалитеты 5 и 6

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|---------|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------------|----------|-----------|-----------|------------|
| | G5 | H5 | Js5 | K5 | M5 | N5 | G6 | H6 | Js6 | K6 | M6 | N6 | P6 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +6 +2 | +4 0 | +2,0 -2,0 | 0 -4 | -2 -6 | -4 -8 | +8 +2 | +6 0 | +3,0 -3,0 | 0 -6 | -2 -8 | -4 -10 | -6 -12 |
| Св. 3 до 6 | +9 +4 | +5 0 | +2,5 -2,5 | 0 -5 | -3 -8 | -7 -12 | +12 +4 | +8 0 | +4,0 -4,0 | +2 -6 | -1 -9 | -5 -13 | -9 -17 |
| Св. 6 до 10 | +11 +5 | +6 0 | +3,0 -3,0 | +1 -5 | -4 -10 | -8 -14 | +14 +5 | +9 0 | +4,5 -4,5 | +2 -7 | -3 -12 | -7 -16 | -12 -27 |
| Св. 10 до 14 | +14 | +8 | +4,0 | +2 | -4 | -9 | +17 | +11 | +5,5 | +2 | -4 | -9 | -15 |
| Св. 14 до 18 | +6 | 0 | -4,0 | -6 | -12 | -17 | +6 | 0 | -5,5 | -9 | -15 | -20 | -26 |
| Св. 18 до 24 | +16 | +9 | +4,5 | +1 | -5 | -12 | +20 | +13 | +6,5 | +2 | -4 | -11 | -18 |
| Св. 24 до 30 | +7 | 0 | -4,5 | -8 | -14 | -21 | +7 | 0 | -6,5 | -11 | -17 | -24 | -31 |
| Св. 30 до 40 | +20 | +11 | +5,5 | +2 | -5 | -13 | +25 | +16 | +8,0 | +3 | -4 | -12 | -21 |
| Св. 40 до 50 | +9 | 0 | -5,5 | -9 | -16 | -24 | +9 | 0 | -8,0 | -13 | -20 | -28 | -37 |
| Св. 50 до 65 | +23 | +13 | +6,5 | +3 | -6 | -15 | +29 | +19 | +9,5 | +4 | -5 | -14 | -26 |
| Св. 65 до 80 | +10 | 0 | -6,5 | -10 | -19 | -28 | +10 | 0 | -9,5 | -15 | -24 | -33 | -45 |
| Св. 80 до 100 | +27 | +15 | +7,5 | +2 | -8 | -18 | +34 | +22 | +11,0 | +4 | -6 | -16 | -30 |
| Св. 100 до 120 | +12 | 0 | -7,5 | -13 | -23 | -33 | +12 | 0 | -11,0 | -18 | -28 | -38 | -52 |
| Св. 120 до 140 | +32 | +18 | +9,0 | +3 | -9 | -21 | +39 | +25 | +12,5 | +4 | -8 | -20 | -36 |
| Св. 140 до 160 | +14 | 0 | -9,0 | -15 | -27 | -39 | +14 | 0 | -12,5 | -21 | -33 | -45 | -61 |
| Св. 160 до 180 | +32 | +18 | +9,0 | +3 | -9 | -21 | +39 | +25 | +12,5 | +4 | -8 | -20 | -36 |
| Св. 180 до 200 | +14 | 0 | -9,0 | -15 | -27 | -39 | +14 | 0 | -12,5 | -21 | -33 | -45 | -61 |
| Св. 180 до 200 | +35 | +20 | +10,0 | +2 | -11 | -25 | +44 | +29 | +14,5 | +5 | -8 | -22 | -41 |
| Св. 200 до 225 | +15 | 0 | -10,0 | -18 | -31 | -45 | +15 | 0 | -14,5 | -24 | -37 | -51 | -70 |
| Св. 225 до 250 | +35 | +20 | +10,0 | +2 | -11 | -25 | +44 | +29 | +14,5 | +5 | -8 | -22 | -41 |
| Св. 250 до 280 | +15 | 0 | -10,0 | -18 | -31 | -45 | +15 | 0 | -14,5 | -24 | -37 | -51 | -70 |
| Св. 250 до 280 | +40 | +23 | +11,5 | +3 | -13 | -27 | +49 | +32 | +16,0 | +5 | -9 | -25 | -47 |
| Св. 280 до 315 | +17 | 0 | -11,5 | -20 | -36 | -50 | +17 | 0 | -16,0 | -27 | -41 | -57 | -79 |
| Св. 315 до 355 | +43 | +25 | +12,5 | +3 | -14 | -30 | +54 | +36 | +18,0 | +7 | -10 | -26 | -51 |
| Св. 355 до 400 | +18 | 0 | -12,5 | -22 | -39 | -55 | +18 | 0 | -18,0 | -29 | -46 | -62 | -87 |
| Св. 400 до 450 | +47 | +27 | +13,5 | +2 | -16 | -33 | +60 | +40 | +20,0 | +8 | -10 | -27 | -55 |
| Св. 450 до 500 | +20 | 0 | -13,5 | -25 | -43 | -60 | +20 | 0 | -20,0 | -32 | -50 | -67 | -95 |



Квалитет 7



| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|------------|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | F7 | G7 | H7 | Js7 | K7 | M7 | N7 | P7 | R7 | S7 | T7 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +16 +6 | +12 +2 | +10 0 | +5 -5 | 0 -10 | -2 -12 | -4 -14 | -6 -16 | -10 -20 | -14 -24 | - |
| Св. 3 до 6 | +22 +10 | +16 +4 | +12 0 | +6 -6 | +3 -9 | 0 -12 | -4 -16 | -8 -20 | -11 -23 | -15 -27 | - |
| Св. 6 до 10 | +28 +13 | +20 +5 | +15 0 | +7 -7 | +5 -10 | 0 -15 | -4 -19 | -9 -24 | -13 -28 | -17 -32 | - |
| Св. 10 до 14 | +34 | +24 | +18 | +9 | +6 | 0 | -5 | -11 | -16 | -21 | - |
| Св. 14 до 18 | +16 | +6 | 0 | -9 | -12 | -18 | -23 | -29 | -34 | -39 | - |
| Св. 18 до 24 | +41 | +28 | +21 | +10 | +6 | 0 | -7 | -14 | -20 | -27 | - |
| Св. 24 до 30 | +20 | +7 | 0 | -10 | -15 | -21 | -28 | -35 | -41 | -48 | -33 -54 |
| Св. 30 до 40 | +50 | +34 | +25 | +12 | +7 | 0 | -8 | -17 | -25 | -34 | -39 -64 |
| Св. 40 до 50 | +25 | +9 | 0 | -12 | -18 | -25 | -33 | -42 | -50 | -59 | -45 -70 |
| Св. 50 до 65 | +60 | +40 | +30 | +15 | +9 | 0 | -9 | -21 | -30 -60 | -42 -72 | -55 -85 |
| Св. 65 до 80 | +30 | +10 | 0 | -15 | -21 | -30 | -39 | -51 | -32 -62 | -48 -78 | -64 -94 |
| Св. 80 до 100 | +71 | +47 | +35 | +17 | +10 | 0 | -10 | -24 | -38 -73 | -58 -93 | -78 -113 |
| Св. 100 до 120 | +36 | +12 | 0 | -17 | -25 | -35 | -45 | -59 | -41 -76 | -66 -101 | -91 -126 |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | | -48 -88 | -77 -117 | -107 -141 |
| Св. 140 до 160 | +83 +43 | +54 +14 | +40 0 | +20 -20 | +12 -28 | 0 -40 | -12 -52 | -28 -68 | -50 -90 | -85 -125 | -119 -159 |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | -53 -93 | -93 -133 | -131 -171 |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | -60 -106 | -105 -151 | -149 -195 |
| Св. 200 до 225 | +96 +50 | +61 +15 | +46 0 | +23 -23 | +13 -33 | 0 -46 | -14 -60 | -33 -79 | -63 -109 | -113 -159 | -163 -209 |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | -67 -113 | -123 -169 | -179 -225 |
| Св. 250 до 280 | +108 | +69 | +52 | +26 | +16 | 0 | -14 | -36 | -74 -126 | -138 -190 | -198 -250 |
| Св. 280 до 315 | +56 | +17 | 0 | -26 | -36 | -52 | -66 | -88 | -78 -130 | -150 -202 | -220 -272 |
| Св. 315 до 355 | +119 | +75 | +57 | +28 | +17 | 0 | -16 | -41 | -87 -144 | -169 -226 | -247 -304 |
| Св. 355 до 400 | +62 | +18 | 0 | -28 | -40 | -57 | -73 | -98 | -93 -150 | -187 -244 | -273 -330 |
| Св. 400 до 450 | +131 | +83 | +63 | +31 | +18 | 0 | -17 | -45 | -103 -166 | -209 -272 | -307 -370 |
| Св. 450 до 500 | +68 | +20 | 0 | -31 | -45 | -63 | -80 | -108 | -109 -172 | -229 -292 | -337 -400 |



Квалитеты 8 и 9

| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|--------------|-------------|----------|------------|------------|------------|------------|--|--------------|--------------|-------------|-----------|------------|
| | D8 | E8 | F8 | H8 | Js8 | K8 | M8 | N8 | U8 | D9 | E9 | F9 | H9 | Js9 |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +34 +20 | +28 +14 | +20 +6 | +14 0 | +7 -7 | 0 -14 | - | -4 -18 | -18 -32 | +45 +20 | +34 +14 | +31 +6 | +25 0 | +12 -12 |
| Св. 3 до 6 | +48 +30 | +38 +20 | +28 +10 | +18 0 | +9 -9 | +5 -13 | +2 -16 | -2 -20 | -23 -41 | +60 +30 | +50 +20 | +40 +10 | +30 0 | +15 -15 |
| Св. 6 до 10 | +62 +40 | +47 +25 | +35 +13 | +22 0 | +11 -11 | +6 -16 | +1 -21 | -3 -25 | -28 -50 | +76 +40 | +61 +25 | +49 +13 | +36 0 | +18 -18 |
| Св. 10 до 14 | +77 | +59 | +43 | +27 | +13 | +8 | +2 | -3 | -33 | +93 | +75 | +59 | +43 | +21 |
| Св. 14 до 18 | +50 | +32 | +16 | 0 | -13 | -19 | -25 | -30 | -60 | +50 | +32 | +16 | 0 | -21 |
| Св. 18 до 24 | +98 +65 | +73 +40 | +53 +20 | +33 0 | +16 -16 | +10 -23 | +4 -29 | -3 -36 | -41 -74 -48 -81 | +117 +65 | +92 +40 | +72 +20 | +52 0 | +26 -26 |
| Св. 24 до 30 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 30 до 40 | +119 +80 | +89 +50 | +64 +25 | +39 0 | +19 -19 | +12 -27 | +5 -34 | -3 -42 | -60 -99 -70 -109 | +142 +8 | +112 +50 | +87 +25 | +62 0 | +31 -31 |
| Св. 40 до 50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 50 до 65 | +146 +100 | +106 +60 | +76 +30 | +46 0 | +23 -23 | +14 -32 | +5 -41 | -4 -50 | -87 -133 -102 -148 | +174 +100 | +134 +60 | +104 +30 | +74 0 | +37 -37 |
| Св. 65 до 80 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 80 до 100 | +174 +120 | +126 +72 | +90 +36 | +54 0 | +27 -27 | +16 -38 | +6 -48 | -4 -58 | -124 -178 -144 -198 | +207 +120 | +159 +72 | +123 +36 | +87 0 | +43 -43 |
| Св. 100 до 120 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 120 до 140 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 140 до 160 | +208 +145 | +148 +85 | +106 +43 | +63 0 | +31 -31 | +20 -43 | +8 -55 | -4 -67 | -190 -253 -210 -273 | +245 +145 | +185 +85 | +143 +43 | +100 0 | +50 -50 |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 200 до 225 | +242 +170 | +172 +100 | +122 +50 | +72 0 | +36 -36 | +22 -50 | +9 -63 | -5 -77 | -236 -308 -258 -330 -284 -356 | +285 +170 | +215 +100 | +165 +50 | +115 0 | +57 -57 |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 250 до 280 | +271 +190 | +191 +110 | +137 +56 | +81 0 | +40 -40 | +25 -56 | +9 -72 | -5 -86 | -315 -396 -350 -431 | +320 +190 | +240 +110 | +186 +56 | +130 0 | +65 -65 |
| Св. 280 до 315 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 315 до 355 | +299 +210 | +214 +125 | +151 +62 | +89 0 | +44 -44 | +28 -61 | +11 -78 | -5 -94 | -390 -479 -435 -524 | +350 +210 | +265 +125 | +202 +62 | +140 0 | +70 -70 |
| Св. 355 до 400 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 400 до 450 | +327 +230 | +232 +135 | +165 +68 | +97 0 | +48 -48 | +29 -68 | +11 -86 | -6 -103 | -490 -587 -540 -637 | +385 +230 | +290 +135 | +223 +68 | +155 0 | +77 -77 |
| Св. 450 до 500 | | | | | | | | | | | | | | |

