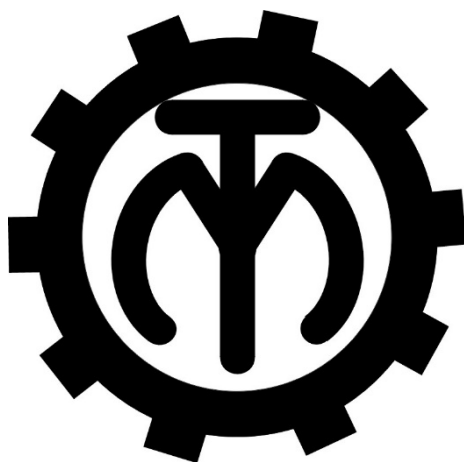


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело» дневной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 531.7: 658.562
ББК 30.10: 65.9
М54

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «13» декабря 2022 г.,
протокол № 7

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

Рецензент канд. техн. наук, доц. О. В. Благодарная

Методические рекомендации к практическим занятиям предназначены для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» дневной формы обучения по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация». Содержат краткие теоретические положения, задания, указания по их выполнению, примеры и вопросы для контроля.

Учебно-методическое издание

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

| | |
|-------------------------|------------------|
| Ответственный за выпуск | В. М. Шеменков |
| Корректор | Т. А. Рыжикова |
| 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 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

| | |
|---|----|
| 1 Погрешности измерений. Выбор средств измерений..... | 4 |
| 2 Однократные измерения, обработка результатов однократных измерений..... | 8 |
| 3 Многократные измерения, обработка результатов многократных измерений..... | 10 |
| 4 Построение полей допусков посадок..... | 12 |
| 5 Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи..... | 17 |
| 6 Анализ характеристик нормативно-технических документов по стандартизации..... | 20 |
| Список литературы..... | 22 |
| Приложение А..... | 23 |
| Приложение Б. Предельные отклонения и поля допусков для размеров от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347–82) | 26 |

1 Погрешности измерений. Выбор средств измерений

Цель работы: ознакомиться с погрешностями измерения и их расчетом, научиться выбирать средства измерения по точности.

1.1 Краткие теоретические положения

Результат измерения – значение физической величины, найденное путем ее измерения.

В зависимости от характера проявлений и причин возникновения погрешности бывают систематические, случайные, грубые.

Систематические погрешности Δ_c остаются постоянными или закономерно изменяются при повторных измерениях одного и того же параметра (могут быть субъективными, методическими и инструментальными).

Случайные погрешности Δ изменяются при повторных измерениях одного и того же параметра случайным образом.

Грубые погрешности (промахи) возникают из-за ошибочных действий оператора, неисправности средств измерения или резких изменений условий измерений. Выявляются в результате обработки результатов измерений с помощью специальных критериев.

Общая погрешность измерений определяется суммой:

$$\Delta_{\text{изм}} = \pm(\Delta_c + \Delta). \quad (1.1)$$

В зависимости от формы выражения погрешности измерения различают абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютная погрешность

$$\Delta = x - x_{\text{и}} \text{ или } \Delta = x - x_{\text{д}}, \quad (1.2)$$

где x – результат измерения;

$x_{\text{и}}$ или $x_{\text{д}}$ – истинное или действительное значение.

Относительная погрешность

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} \cdot 100 \% \text{ или } \delta = \pm \frac{\Delta}{x_{\text{д}}} \cdot 100 \%. \quad (1.3)$$

Приведенная погрешность

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100 \%, \quad (1.4)$$

где x_N – нормированное значение величины, например $x_N = x_{\text{max}}$ (x_{max} – макси-

мальное значение измеряемой величины).

Все средства измерения, кроме угломерных приборов и приборов для измерения длины, разделены на классы точности, которые указываются в паспортных данных.

Типовые обозначения класса точности средств измерения:

- 1) $\textcircled{1,5}$ – указан в кружке в виде относительной погрешности $\delta = 1,5 \%$;
- 2) 1,5 – без кружка в виде приведенной погрешности $\gamma = 1,5 \%$;
- 3) 0,02/0,01 – двумя числами в виде двух приведенных погрешностей – конечного и начального деления шкалы $\gamma_{\text{кон}} = 0,02 \%$, $\gamma_{\text{нач}} = 0,01 \%$ (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Формулы вычисления погрешностей и обозначение классов точности средств измерения

| Вид погрешности | Расчетная формула | Номер формулы | Обозначение класса точности | |
|-----------------|--|---------------|-----------------------------|---------------------|
| | | | в НТД | СИ |
| Абсолютная | $\Delta = \pm 0,2 \text{ А}$ | 1 | N или класс точности III | N или III |
| Относительная | $\delta = \pm 0,5 \%$ | 2 | 0,5 | $\textcircled{0,5}$ |
| | $\delta = \pm \left[c + d \left(\left \frac{x}{x_0} \right - 1 \right) \right] \cdot 100 \%$ | 3 | 0,02/0,01 | 0,02/0,01 |
| | $\delta(x) = \left[\frac{0,02}{x} + \frac{0,5}{100} + \frac{x}{10^6} \right] \cdot 100 \%$ | 4 | C или класс точности II | C или II |
| Приведенная | При $x_N = x_k$ $\gamma = 1,5 \%$ | 5 | 1,5 | 1,5 |
| | $\gamma = \pm 0,5 \%$ | 6 | 0,5 | 0,5 |

Пример 1 – Отсчет по шкале прибора с пределами измерения 0...50 А и равномерной шкалой составил 25 А. Пренебрегая другими видами погрешностей измерения, оценить пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ этого отсчета при использовании различных средств измерения (СИ) классов точности: 0,02/0,01; $\textcircled{0,5}$; 0,5.

Решение

1 Для СИ класса точности 0,02/0,01 относительная погрешность рассчитывается по формуле (3) таблицы 1.1. Выразив абсолютную погрешность Δ из формулы (1.3) через относительную δ , получим

$$\Delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right) \right] \cdot x \cdot 100 \%,$$

где c , d – конечное и начальное значения относительной погрешности к концу диапазона, $c = 0,02$, $d = 0,01$;

x_k – конечное значение предела измерения;

x – показания прибора при измерении (отсчет).

Подставив численные значения, получим

$$\Delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left| \frac{50}{25} \right| - 1 \right) \right] \cdot 25 \cdot 0,01 = 0,0075 \approx 0,008 \text{ А} .$$

2 Для СИ класса $\textcircled{0,5}$ относительная погрешность $\delta = \pm 0,5 \%$. Из формулы (1.3) выразим абсолютную погрешность:

$$\Delta = \pm 25 \cdot 0,5 \cdot 0,01 = \pm 0,125 \text{ А} .$$

3 Для СИ класса точности $\gamma = 0,5$ – приведенная погрешность $\gamma = 0,5 \%$, которая рассчитывается по формуле (1.4), в которой $x_N = 50$, отсюда выразим Δ :

$$\Delta = \pm 50 \cdot 0,5 \cdot 0,01 = \pm 0,25 \text{ А} .$$

1.2 Выбор средств измерений

При выборе СИ учитывают совокупность показателей метрологических, эксплуатационных и экономических.

При выборе СИ по метрологическим характеристикам цена деления шкалы должна выбираться с учетом заданной точности измерения. Если необходимо контролировать с точностью до 0,01 мм, то и СИ выбирают с ценой деления 0,01 мм, СИ с более грубой шкалой внесет дополнительные субъективные погрешности, а более точные СИ стоят дороже.

Самый простой способ выбора СИ – выбор по точности, предусматривающий сравнение допускаемой погрешности измерения $\delta_{\text{изм}}$, которая определяется по таблице в зависимости от качества точности, измеряемого размера и его номинального значения, и допускаемой погрешности СИ $\Delta_{\text{СИ}}$, при этом должно выполняться условие $\pm \Delta_{\text{СИ}} \leq \delta_{\text{изм}}$.

Допускаемая погрешность измерения δ – это наибольшее значение погрешности, при которой полученный в результате измерения размер может быть признан действительным. В соответствии с ГОСТ 8.051–82 допускаемая погрешность измерения составляет от 20 % до 35 % допуска на измеряемый размер. В таблице А.1 приведены значения допусков и допускаемых погрешностей измерения для классов от 5-го до 10-го.

Пример 2 – Выбрать СИ для контроля вала диаметром $75,0_{-0,02}$ мм.

Решение

По таблице 1.2 определяем $\delta_{\text{изм}} = 5,0$ мкм. При выборе ориентируемся на значения допуска на заданный размер $Td = 20$ мкм. Выбираем СИ для вала. Это

может быть штангенциркуль, микрометр или рычажная скоба (таблицы А.2–А.7).

Допускаемая погрешность штангенциркуля – $\Delta_{cu} = \pm 0,1$ мм, тогда величина допуска составит 200 мкм, поэтому не выполняется условие выбора СИ. Микрометр МК-75 – $\Delta_{cu} = \pm 0,004$ мм, допуск составит 8 мкм. Условие также не выполняется. Скоба рычажная СР-75 с ценой деления 0,02 мм – $\Delta_{cu} = \pm 0,002$ мм, допуск 4 мкм – условие выполняется, т. к. $4 < 5$.

Задания

1 Мера воспроизводит сигнал значением 1,0. Измерительный прибор показывает 1,1. Относительная погрешность измерения δ , выраженная в процентах будет равна:

а) $\delta = 100 \%$; б) $\delta = 1,0 \%$; в) $\delta = 1,1 \%$; г) $\delta = 10 \%$.

2 При измерении размера были следующие источники погрешностей измерения: средства измерений $\Delta_{cu} = \pm 0,05$ мм, отсчёта оператора $\Delta_{on} = \pm 0,01$ мм. Реальная погрешность измерения будет равна:

а) 0,1 мм; б) $\pm 0,05$ мм; в) $\pm 0,06$ мм; г) $\pm 0,12$ мм.

3 Вид погрешности в формуле $\delta = (A - x_u) / x_u$ является:

а) относительным; б) приведённым; в) абсолютным; г) систематическим.

4 Если при измерении напряжения двумя вольтметрами у первого класс точности 1,0, предел измерения 300 В, а у второго соответственно 2,5 и 250 В, то наибольшая возможная разница показаний равна:

а) 9,25 В; б) 3,25 В; в) 3,15 В; г) 6,25 В.

5 Для контроля вала, диаметр которого равен $(30 \pm 0,012)$ мм, целесообразнее использовать:

а) микрометр с погрешностью измерения 0,005 мм;
 б) оптиметр с погрешностью измерения 0,0003 мм;
 в) универсальный микроскоп с погрешностью измерения 0,001 мм;
 г) штангенциркуль с погрешностью измерения 0,05 мм.

6 При контроле размера $100_{-0,020}^{+0,034}$ предел допускаемой погрешности измерения следует принять равным:

а) 0,54; б) 0,014; в) 0,027; г) 0,034.

7 При контроле линейных размеров случайная погрешность измерения не должна превышать ... от допустимой погрешности измерения (не менее двух вариантов ответа):

а) 0,6; б) 0,2; в) 3/5; г) 0,1.

Контрольные вопросы

1 Какие погрешности измерений бывают?

2 Из каких компонентов складывается общая погрешность измерения?

3 Как рассчитываются абсолютная, относительная и приведенная погрешности?

4 Привести обозначения классов точности средств измерения.

2 Однократные измерения, обработка результатов однократных измерений

Цель работы: ознакомиться с методикой обработки однократных измерений, с расчетом доверительных границ истинного значения.

2.1 Краткие теоретические положения

При однократных измерениях, чтобы избежать промахов, делают два-три измерения и за результат принимают *среднее* значение.

Предельная погрешность однократных измерений в основном определяется классом точности средства измерения и в общем виде определяется соотношением $\Delta_{изм} = 0,7\Delta_{си}$.

Общая погрешность измерения определяется по формуле (1.1). Реально погрешность однократного измерения с вероятностью $P = 0,90 \dots 0,95$ не превосходит $\Delta_{изм} < (2 \dots 2,5)\sigma_x$, где σ_x – среднеквадратическое отклонение параметра.

Алгоритм действий при обработке однократных измерений.

1 Предварительно устанавливают необходимую погрешность измерения Δ_0 .

2 Исправляют результаты наблюдений исключением (если это возможно) систематической погрешности:

$$x_0 = x - \Delta_c. \quad (2.1)$$

3 Находят среднеквадратическое отклонение показаний σ_x .

4 Определяют случайную погрешность:

$$\overset{\circ}{\Delta} = \pm t_p \cdot \sigma_x. \quad (2.2)$$

Коэффициент t_p для заданной доверительной вероятности определяют по таблице Лапласа.

5 Находят границы доверительного интервала для случайной погрешности:

$$x = x_0 \pm \overset{\circ}{\Delta}. \quad (2.3)$$

Пример – При измерении температуры T в помещении термометр показывает 26 °С. Среднее квадратическое отклонение показаний $\sigma_m = 0,3$ °С. Систематическая погрешность измерения $\Delta_c = +0,5$ °С. Указать доверительные границы для истинного значения температуры с вероятностью $P = 0,9973$ ($t_p = 3$).

Решение

Границы истинного значения температуры при однократных измерениях определяются по зависимости (2.3). Для нахождения x_d необходимо из результата измерения вычесть систематическую погрешность:

$$x_d = x_{изм} - \Delta_c;$$

$$x_d = 26 - 0,5 = 25,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Случайную погрешность рассчитаем по формуле (2.2):

$$\Delta = 3 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тогда границы доверительного интервала для случайной погрешности составят $25,5 - 0,9 \leq T \leq 25,5 + 0,9$. Окончательно запишем: $24,6 \leq T \leq 26,4$.

Задания

1 Поправка к результату однократного измерения при систематической погрешности деления шкалы $+1,0$ равна:

- а) $\pm 1,0$; б) $-1,0$; в) $+1,0$; г) -2 .

2 Милливольтметр термоэлектрического термометра класса точности $(0,5)$ с пределами измерения от $200 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $600 \text{ } ^\circ\text{C}$ показывает $300 \text{ } ^\circ\text{C}$. Указать предел допускаемой погрешности прибора в градусах Цельсия:

- а) 2; б) 1; в) 3; г) 1,5.

3 При измерении усилия динамометр показывает 1000 Н , погрешность градуировки равна -50 Н . Среднее квадратическое отклонение показаний $\sigma_F = 10 \text{ Н}$. Доверительный интервал для истинного значения измеряемого усилия с вероятностью $P = 0,9544$ ($t_p = 2$) равен:

- а) $F = (1000 \pm 60) \text{ Н}$, $P = 0,9544$; в) $F = (950 \pm 20) \text{ Н}$, $P = 0,9544$;
б) $F = (1000 \pm 20) \text{ Н}$, $t_p = 2$; г) $F = (1050 \pm 20) \text{ Н}$, $P = 0,9544$.

4 При измерении толщины древесины отсчёт по штангенциркулю равен 49 мм . Среднеквадратическое отклонение отсчёта $\sigma_h = 0,5 \text{ мм}$. Погрешность от износа губок штангенциркуля $\Delta_s = -0,8 \text{ мм}$. Доверительными границами для истинного значения толщины с вероятностью $P = 0,9973$ ($t_p = 3$) будут:

- а) $46,7 \leq h \leq 49,7 \text{ мм}$, $P = 0,9973$; в) $47,5 \leq h \leq 50,5 \text{ мм}$, $t_p = 3$;
б) $48,3 \leq h \leq 51,3 \text{ мм}$, $P = 0,9973$; г) $47,7 \leq h \leq 50,3 \text{ мм}$, $P = 0,9973$.

Контрольные вопросы

- 1 Какие измерения принимаются за однократные?
- 2 Какое значение принимается за истинное (действительное) при определении доверительного интервала?
- 3 Что такое доверительный интервал? Как он рассчитывается?

4 По какой таблице следует определять при однократных измерениях коэффициент t_p для заданной доверительной вероятности?

5 Как рассчитывается случайная погрешность?

3 Многократные измерения, обработка результатов многократных измерений

Цель работы: ознакомиться с методикой обработки многократных измерений, с расчетом доверительных границ истинного значения.

3.1 Краткие теоретические положения

Последовательность обработки результатов многократных измерений включает следующие этапы.

1 Исправляют результаты наблюдений исключением (если это возможно) систематической погрешности: $x_{\partial} = x - \Delta_c$.

2 Оценкой истинного значения по результатам многократных измерений является среднее арифметическое значение i -х измерений \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (3.1)$$

3 Вычисляют выборочное среднеквадратическое отклонение (СКО) от значения погрешности измерений σ_x . В зависимости от количества измерений формула видоизменяется:

– при $n \geq 20$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}; \quad (3.2)$$

– при $n < 20$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (3.3)$$

При оценке погрешностей окончательного результата для $n = 5 \dots 6$ (точечной оценке) рассчитывается опытное СКО:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad (3.4)$$

4 Исключают промахи в зависимости от числа измерений n , используя различные критерии (Шовине, Романовского, Пирсона, метод трех сигм, первый и второй составной критерий).

5 Определяют закон распределения случайной составляющей.

6 При заданном значении доверительной вероятности P ($P = 0,9; 0,95; 0,98; 0,99$) и числе измерений n по таблицам определяют коэффициент Стьюдента t_p ($t_{0,9}; t_{0,95}$).

7 Находят границы доверительного интервала для случайной погрешности:

$$\overset{\circ}{\Delta} = \pm \frac{t_p \cdot \sigma_x}{\sqrt{n}}. \quad (3.5)$$

$$x = \bar{x} \pm \overset{\circ}{\Delta}. \quad (3.6)$$

Пример – При многократном измерении отверстия получены отклонения от настроенного размера D : 0, +1, +2, +3, +1, –1 мкм. При вероятности $P = 0,982$ коэффициент Стьюдента $t_p = 3,465$. Записать результат измерения.

Решение

Границы истинного значения величины при многократных измерениях определяются по зависимости (3.6).

Вычисляем среднее арифметическое измеренных значений:

$$\bar{x} = (0 + 1 + 2 + 3 + 1 - 1) / 6 = +1.$$

Среднее квадратическое отклонение показаний определяем по формуле (3.4):

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(0-1)^2 + (+1-1)^2 + (+2-1)^2 + (+3-1)^2 + (+1-1)^2 + (-1-1)^2}{6-1}} = \sqrt{2} = 1,41.$$

Случайную погрешность рассчитываем по формуле (3.5):

$$\overset{\circ}{\Delta} = \pm \frac{3,465 \cdot 1,41}{\sqrt{6}} = 2.$$

Границы истинного значения величины $+1 - 2 \leq x \leq +1 + 2$ и результат измерения запишем в следующем виде: $-1 \leq x \leq +3, P = 0,982$.

Задания

1 При многократном измерении отверстия получены отклонения от настроенного размера D : 0, +1, +2, +3, +1, -1 мкм. При вероятности $P = 0,982$ коэффициент Стьюдента $t_p = 3,465$. Результат измерения следует записать как:

- а) $-4 \leq D \leq +6$ мкм, $P = 0,982$; в) $-1 \leq D \leq +3$ мкм, $P = 0,982$;
 б) $-2 \leq D \leq +3$ мкм, $P = 0,982$; г) $-1 \leq D \leq +3$ мкм, $t_p = 3,465$.

2 Проведены 11 равнозначных измерений напряжения. Результаты следующие: 130,2; 130,3; 130,2; 130,3; 130,2; 129,6; 129,8; 129,9; 130,1; 129,9; 129,3 В. Результаты измерений распределены нормально, дисперсия не известна. Оценить доверительный интервал истинного значения для вероятности 0,95 ($t_p = 2,228$).

- а) $(130,00 \pm 0,22)$ В; $P = 0,95$; в) $(125,00 \pm 0,22)$ В; $t_p = 2,228$;
 б) $(130,00 \pm 0,28)$ В; $P = 0,95$; г) $(135,00 \pm 0,24)$ В; $t_p = 2,228$.

3 При многократном взвешивании массы m получены значения в кг: 94, 98, 101, 96, 94, 93, 97, 95, 96. Доверительный интервал для истинного значения массы с вероятностью $P = 0,98$ ($t_p = 2,986$) равен:

- а) $m = (96,0 \pm 6,6)$ кг, $t_p = 2,986$; в) $m = (96,0 \pm 2,2)$ кг, $P = 0,98$;
 б) $m = (96 \pm 3)$ кг, $P = 0,98$; г) $m = (97,0 \pm 2)$.

Контрольные вопросы

- 1 Какие измерения относятся к многократным?
- 2 Какое значение принимается за истинное при определении доверительного интервала?
- 3 Что такое доверительный интервал? Как он рассчитывается?
- 4 При заданном значении доверительной вероятности и числе измерений какой коэффициент определяют?
- 5 Что является оценкой истинного значения многократных измерений?

4 Построение полей допусков посадок

Цель работы: научиться строить поля допусков посадок и рассчитывать основные характеристики посадок.

4.1 Краткие теоретические положения

Номинальный размер (d, D) – 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 двух предельных размеров – наибольшим (d_{\max}, D_{\max}) и наимень-

шим (d_{\min} , D_{\min}) или равны им.

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 таблицы ГОСТ 25347–82 (приложение Б) 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*.

Отверстия обозначаются большими буквами (D , TD , H , ES , EI), валы – малыми (d , Td , h , es , ei).

Наибольшие предельные размеры для вала и отверстия соответственно определяются как

$$d_{\max} = d + es; D_{\max} = D + ES. \quad (4.1)$$

Наименьшие предельные размеры для вала и отверстия соответственно определяются как

$$d_{\min} = d + ei; D_{\min} = D + EI. \quad (4.2)$$

Разность между наибольшими и наименьшими предельными размерами или между верхним и нижним отклонением называется *допуском размера* (Td , TD).

Допуски для вала и отверстия

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei; TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI. \quad (4.3)$$

В единой системе допусков и посадок (ЕСДП) установлено 19 классов точности: $IT01$; $IT0$; $IT1$; $IT2$; ...; $IT17$ (самые точные – $IT01$ и $IT0$).

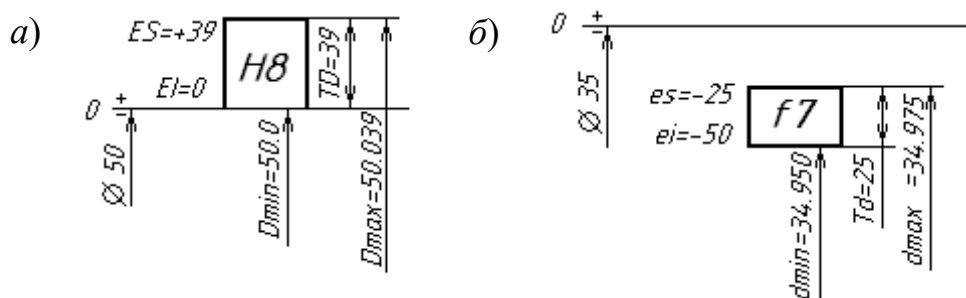
Основное отклонение – одно из двух отклонений, ближайшее к нулевой линии.

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

На чертеже в *обозначение размера* входит номинальный размер, поле допуска, класс 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 следующим образом: $\varnothing 50j_7(\pm 0,0125)$. Соединение двух деталей

(посадка) обозначается дробью $\varnothing 50 \frac{H7^{(+0,025)}}{f6^{(-0,025}_{+0,041)}}$, или $\varnothing 50 \frac{H7}{f6}$, или $\varnothing 50H7/f6$. В числителе всегда записывается поле допуска и класс точности отверстия, в знаменателе – поле допуска и класс точности вала.

Примеры графического изображения полей допусков для вала и отверстия показаны на рисунке 4.1.



а – отверстие; б – вал

Рисунок 4.1 – Схемы полей допусков

Посадка – характер соединения двух деталей. Соединение может быть свободным или плотным. Посадки образуются сочетанием полей допусков отверстия и вала. Посадки могут быть с зазором, с натягом и переходные.

В посадках с зазором зазор S гарантирован, т. е. размер отверстия всегда больше размера вала и поле допуска отверстия располагаются выше поля допуска вала. 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} .

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}; \quad S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}. \quad (4.4)$$

Допуск посадки с зазором рассчитывается по формуле

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = TD + Td. \quad (4.5)$$

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

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

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}; \quad N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}. \quad (4.6)$$

Допуск посадки с натягом рассчитывается по формуле

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = TD + Td. \quad (4.7)$$

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

$$TS(N) = S_{\max} + N_{\max}. \quad (4.8)$$

Примеры схем расположения полей допусков переходных посадок приведены на рисунке 4.2.

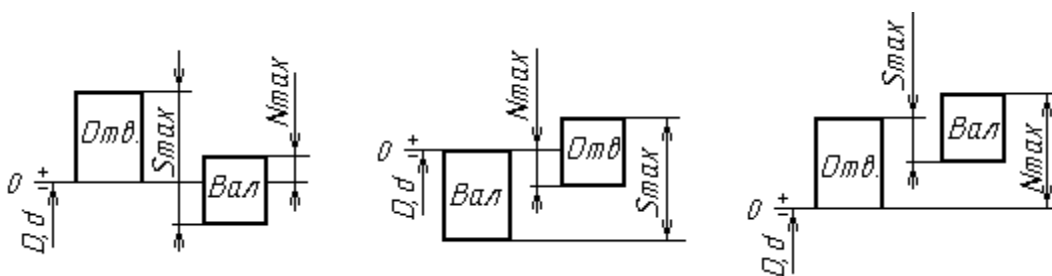


Рисунок 4.2 – Схемы полей допусков переходных посадок

Посадки могут быть образованы в системе отверстия (сочетание основного отверстия H и неосновного вала) и в системе вала (сочетание основного вала h и неосновного отверстия) и могут быть внесистемные. Пример посадок в системе отверстия: $H8/f7$, $H7/m6$, $H8/g7$; в системе вала: $F8/h7$, $G7/h6$, $Js8/h7$; внесистемных: $F8/f7$; $R7/m6$; $N7/g7$.

Задача. Построить схемы полей допусков заданных посадок. Определить вид посадки (с зазором, натягом, переходная), предельные размеры отверстия и вала, допуски отверстия и вала, предельные зазоры, натяги, допуск посадок. Установить, в какой системе выполнены посадки, являются они основными или комбинированными. Исходные данные взять из таблицы 4.1.

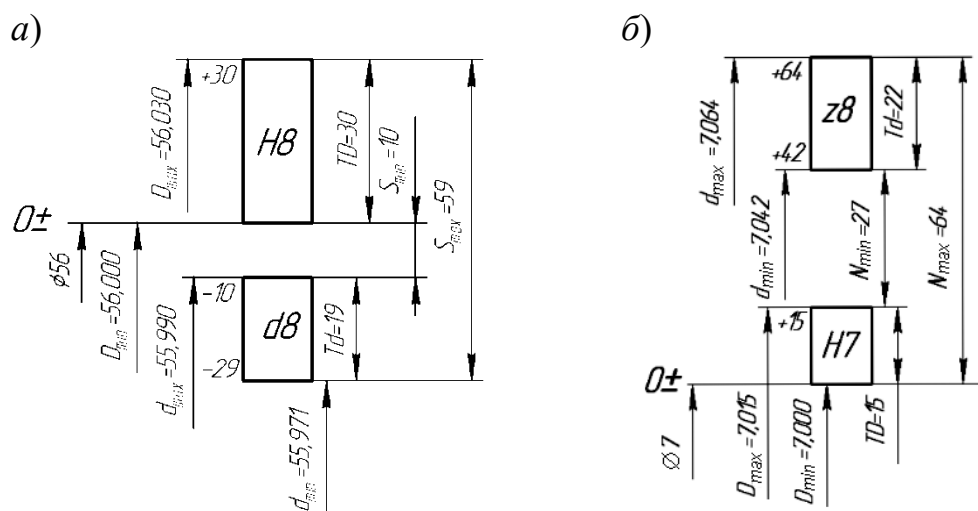
Таблица 4.1– Варианты заданий

| Вариант | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Диаметр, мм | 15 | 160 | 190 | 20 | 90 | 180 | 35 | 75 | 50 | 80 | 30 | 100 | 120 | 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 4.1

| 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 | $\frac{D8}{h8}$ | $\frac{R7}{h7}$ | $\frac{Js7}{h6}$ | $\frac{H8}{c8}$ | $\frac{H9}{u7}$ | $\frac{H8}{n7}$ | $\frac{D9}{h8}$ | $\frac{F8}{h7}$ | $\frac{N8}{h7}$ | $\frac{H7}{h7}$ | $\frac{H8}{u8}$ | $\frac{H6}{k6}$ | $\frac{H9}{f8}$ | $\frac{T7}{h7}$ | $\frac{K6}{h6}$ | $\frac{H8}{d8}$ | $\frac{H7}{t6}$ | $\frac{H7}{n6}$ |

Примеры построения схем полей допусков посадок с зазором и с натягом приведены на рисунке 4.3, а переходной посадки – на рисунке 4.4.



a – с зазором; *б* – с натягом

Рисунок 4.3 – Схема расположения полей допусков посадок

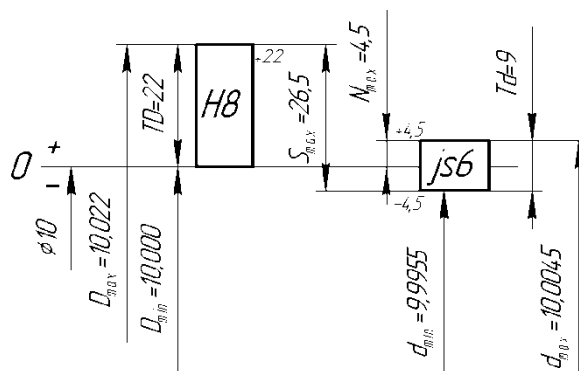


Рисунок 4.4 – Схема расположения полей допусков переходной посадки $\text{Ø}10\text{H}8/\text{js}7$

Контрольные вопросы

- 1 Что такое допуск, как он обозначается и рассчитывается?
- 2 Что называется номинальным размером, действительным размером?
- 3 Что такое основные отклонения и как они обозначаются?
- 4 Какие виды посадок бывают?
- 5 Что такое зазор и как он рассчитывается? Что такое натяг и как он рассчитывается? Как рассчитать допуск посадок?
- 6 Как рассчитываются предельные размеры детали?

5 Расчет допусков размеров, входящих в размерные цепи

Размерная цепь – совокупность размеров, расположенных по замкнутому контуру и участвующих в решении поставленной задачи.

Звенья размерной цепи называются *составляющими звеньями* и обозначаются прописными буквами русского алфавита (A, B, V и т. д.).

Замыкающее (исходное) звено – звено, размер которого получается последним в результате обработки детали или сборки узла. Замыкающее звено в размерной цепи всегда одно, обозначается $A_{\Delta}, B_{\Delta}, V_{\Delta}$.

Увеличивающее звено – звено размерной цепи, которое при своем увеличении увеличивает замыкающее звено, обозначается $A_{ув.}, B_{ув.}, V_{ув.}$ или $\bar{A}_1, \bar{B}_1, \bar{V}_1$.

Уменьшающее звено – звено размерной цепи, которое при своем увеличении уменьшает замыкающее звено, обозначается $A_{ум.}, B_{ум.}, V_{ум.}$ или $\bar{A}_2, \bar{B}_2, \bar{V}_2$.

Известны пять методов достижения точности замыкающего звена: метод полной взаимозаменяемости; неполной взаимозаменяемости; метод регулирования; метод пригонки; метод групповой взаимозаменяемости.

Размерный анализ обычно включает в себя решение двух задач: прямой и обратной. *Прямая задача* решается на стадии проектных расчетов, *обратная* – на стадии проверочных расчетов.

Исходные (замыкающие) размеры, определяющие точность относительного расположения деталей, выявляют по сборочным чертежам изделия, техническим требованиям к ним. В качестве замыкающего (исходного) звена может выступать зазор между поверхностями деталей, расстояние между осями или точками, угол между осями.

На рисунке 5.1 представлены размерные цепи P и V червячного редуктора, где исходным (замыкающим) звеном P_{Δ} является расстояние между средней плоскостью зубчатого червячного венца колеса и осью червяка, а V_{Δ} – осевой зазор между торцом крышки и кольца подшипника.

На рисунке 5.2 представлены размерные цепи A и H , где исходными (замыкающими) звеньями являются зазоры между торцами деталей.

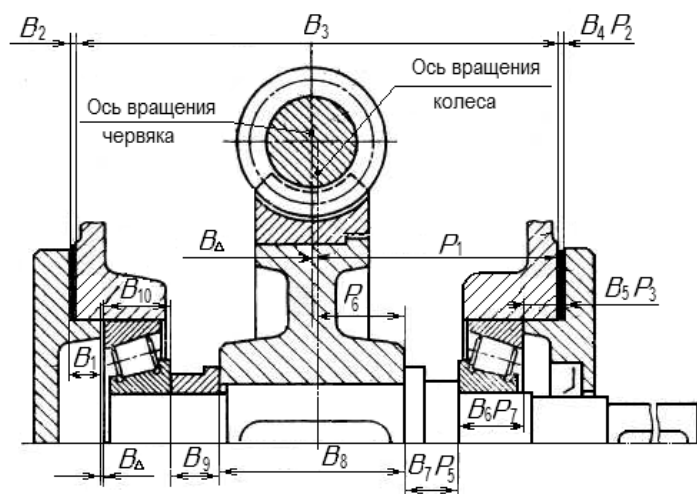
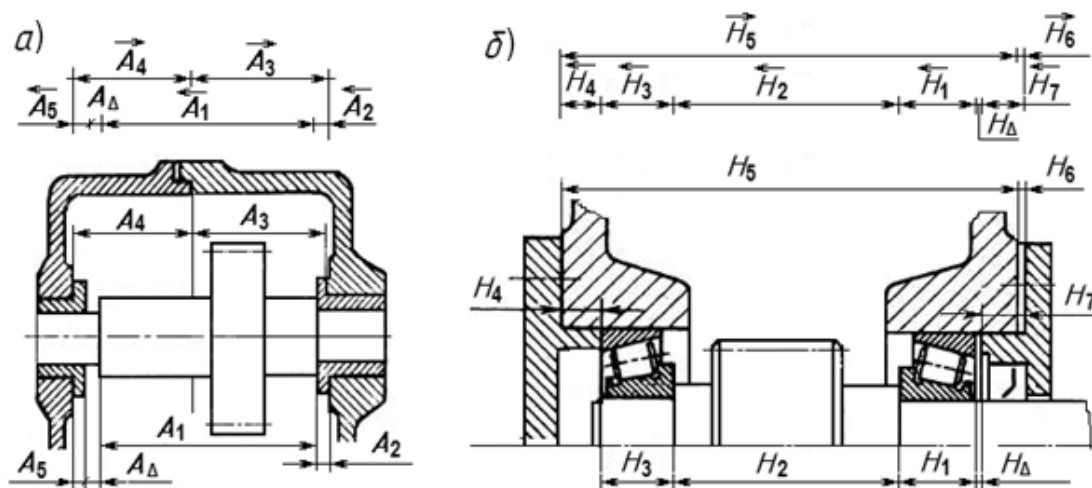


Рисунок 5.1 – Размерные цепи червячного редуктора



a – цепь *A*; *б* – цепь *H*

Рисунок 5.2 – Размерные цепи редукторов

При *методе полной взаимозаменяемости* точность замыкающего звена обеспечивается у всех без исключения изделий без какого-либо подбора звеньев или их пригонки.

Задача. Выявить размерную цепь по заданному чертежу сборочной единицы. Методом максимума и минимума определить допуски и предельные отклонения составляющих звеньев. Выполнить проверку правильности расчетов. Исходные данные взять из таблицы 5.1 и рисунка 5.3. Алгоритм расчета размерной цепи методом полной взаимозаменяемости представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.1– Варианты заданий

| | | | | | | | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|
| Номер варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Номер рисунка | 5.3, <i>a</i> | 5.3, <i>б</i> | 5.3, <i>в</i> | 5.3, <i>a</i> | 5.3, <i>б</i> | 5.3, <i>в</i> | 5.3, <i>a</i> | 5.3, <i>б</i> |
| A_{Δ} | 2-0,36 | 2±0,3 | 1±0,2 | 0 ^{+0,4} | 0 ^{+0,5} | 1 ^{+0,6} | 2-0,4 | 1-0,6 |

Продолжение таблицы 5.1

| | | | | | | | | |
|----------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Номер варианта | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Номер рисунка | 5.3, <i>в</i> | 5.3, <i>a</i> | 5.3, <i>б</i> | 5.3, <i>в</i> | 5.3, <i>a</i> | 5.3, <i>б</i> | 5.3, <i>в</i> | 5.3, <i>a</i> |
| A_{Δ} | 0 ^{+0,2} | 2±0,2 | 1±0,3 | 2±0,4 | 2-0,6 | 1 ^{+0,5} | 0 ^{+0,3} | 0 ^{+0,8} |

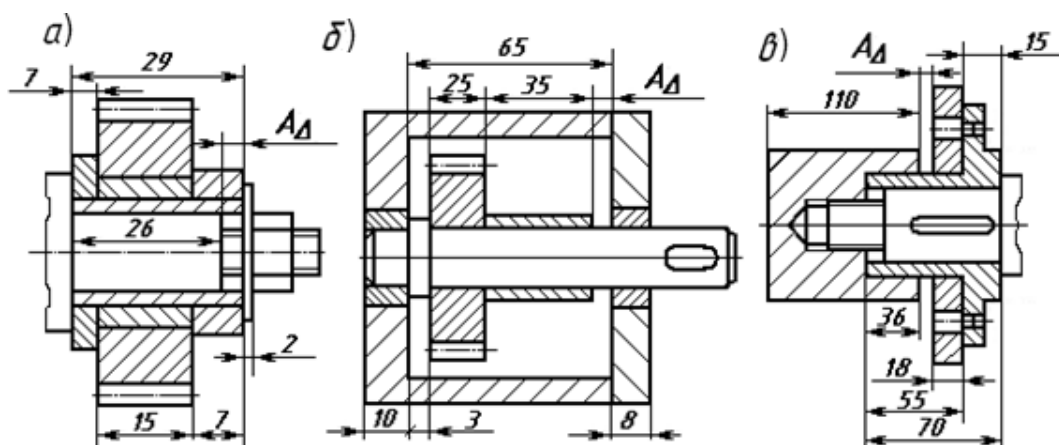


Рисунок 5.3 – Эскизы сборочных единиц для расчета размерных цепей

Таблица 5.2 – Алгоритм расчета размерной цепи методом максимума и минимума (полной взаимозаменяемости)

| Расчетный параметр | Расчетная формула |
|---|---|
| 1 Записать параметры замыкающего звена: номинальное значение, предельные отклонения, допуск, координату середины поля допуска | $A_{\Delta}; ESA_{\Delta}; EIA_{\Delta};$ $Ec_{\Delta} = \frac{ESA_{\Delta} + EIA_{\Delta}}{2}$ |
| 2 Выявить размерную цепь, увеличивающие и уменьшающие звенья. Составить ее схему | По чертежу изделия |
| 3 Конструктивно определить номинальные значения составляющих звеньев | По чертежу изделия |
| 4 Проверить правильность определения номинальных значений составляющих звеньев | $A_{\Delta} = \sum^m A_{ув.} - \sum^n A_{ум.}$ |
| 5 Определить среднее значение допусков составляющих звеньев | $TA_{i\text{ ср}} = \frac{TA_{\Delta}}{m + n}$ |
| 6 По номинальным размерам составляющих звеньев, используя ГОСТ 25347–82 (таблица А.8), назначить допуски на все звенья, близкие к среднему значению, кроме одного звена* | $TA_1 \dots; TA_2 \dots;$ $TA_3 \dots; TA_{m-1} \dots;$ |
| 7 Проверить правильность корректировки допусков и рассчитать допуск неизвестного звена путем вычитания из допуска замыкающего звена суммы допусков всех составляющих звеньев (п. 6) | $TA_{\Delta} = \sum TA_i$ |
| 8 Задать расположение допусков составляющих звеньев и записать их предельные отклонения, кроме одного звена | Для звеньев, определяющих размеры охватываемых поверхностей, $ESA_i = +TA_i; EIA_i = 0.$ Для звеньев, определяющих размеры охватывающих поверхностей, $ESA_i = 0; EIA_i = -TA_i$ |
| 9 Определить координаты середин полей допусков, кроме одного звена | $Ec_i = \frac{ESA_i + EIA_i}{2}$ |

Окончание таблицы 5.2

| Расчетный параметр | Расчетная формула |
|---|---|
| 10 Определить координату середины поля допуска оставшегося неизвестным звена (при расчетах учитывать знаки координат) | $E_{C\Delta} = \sum_{i=1}^m E_{C_{i\text{ув.}}} - \sum_{i=1}^n E_{C_{i\text{ум.}}}$ |
| 11 Определить предельные отклонения оставшегося неизвестным звена | $ESA_i = Ec_i + \frac{TA_i}{2};$ $EIA_i = Ec_i + \frac{TA_i}{2}$ |
| 12 Записать результаты расчетов: номинальные значения и найденные предельные отклонения составляющих звеньев | $A_1 = \dots; \quad A_2 = \dots;$ $A_3 = \dots; \quad A_{m-1} = \dots$ |
| 13 Проверить правильность расчетов | $ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m E_{C_{i\text{ув.}}} - \sum_{i=1}^n E_{C_{i\text{ум.}}} + \frac{\sum TA_i}{2};$ $EIA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m E_{C_{i\text{ув.}}} - \sum_{i=1}^n E_{C_{i\text{ум.}}} - \frac{\sum TA_i}{2}$ |
| <i>Примечание</i> – * – при наличии в размерной цепи стандартных изделий или деталей (подшипников, шпонок и т. п.) в процессе корректировки допусков на них следует устанавливать допуски, предусмотренные соответствующими стандартами | |

Контрольные вопросы

- 1 Что такое размерная цепь? Из каких звеньев она состоит?
- 2 Что такое увеличивающие и уменьшающие звенья?
- 3 Что такое замыкающее звено? Какие методы достижения точности замыкающего звена бывают?
- 4 В чем заключается метод полной взаимозаменяемости?

6 Анализ характеристик нормативно-технических документов по стандартизации

Цель работы: развивать способности выполнять работы по стандартизации и научиться разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися регламентами, стандартами и техническими условиями.

Структура большинства нормативных документов состоит из нескольких вкладок, представленных следующими полями: «Текст»; «Сканер-копия»; «Оперативная информация»; «Примечания»; «Ссылается на»; «На него ссылаются»; «Оглавление».

На рисунке 6.1 показано, к какому виду относится данный стандарт, дата введения, обозначение общероссийского классификатора стандартов (ОКС), номер группы, разработавшей стандарт.



Рисунок 6.1 – Фрагмент нормативного документа

Индивидуальное задание

Используя ресурсы сети Интернет или предоставленные преподавателем материалы стандартов, выполнить анализ полученной информации по предложенному нормативному документу, определить его характеристики согласно ниже представленному перечню.

Характеристики нормативных документов

- 1 Обозначение стандарта (цифровое обозначение).
 - 1.1 Наименование стандарта (на русском и английском языках).
 - 1.2 Вид стандарта.
 - 1.3 Категория стандарта.
 - 1.4 Дата введения.
 - 1.5 Тип документа.
 - 1.6 Принявший орган.
 - 1.7 Номер межотраслевой системы стандартов.
- 2 Код ОКС стандарта (привести иерархическую структуру для данного стандарта).
 - 2.1 Код ОКП стандарта (привести иерархическую структуру для данного стандарта).
- 3 Область стандартизации.
 - 3.1 Объект стандартизации.

3.2 Сфера применения стандарта.

3.3 Основные термины и определения стандарта.

4 Общие положения стандарта.

5 Взаимоувязанность (комплексность) стандарта (привести все актуальные документы).

6 Сравнить, проанализировать и указать только различия действующего стандарта с предшествующим или проектом будущего стандарта (в табличном виде: было/стало).

Контрольные вопросы

1 Что такое стандарт?

2 Какие виды стандартов бывают?

3 Какие категории стандартов бывают?

4 Что такое межотраслевая система стандартов?

5 Что является объектами стандартизации?

Список литературы

1 **Палей, М. А.** Допуски и посадки: справочник в 2 ч. / М. А. Палей. – 9-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Политехника, 2011. – Ч. 1. – 576 с.

2 **Палей, М. А.** Допуски и посадки: справочник в 2 ч. / М. А. Палей. – 9-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Политехника, 2011. – Ч. 2. – 629 с.

3 **Сергеев, А. Г.** Метрология, стандартизация и сертификация: учебник и практикум для академ. бакалавриата: в 2 ч. Ч. 1 : Метрология / А. Г. Сергеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2017. – 325 с.

4 **Сергеев, А. Г.** Метрология, стандартизация и сертификация: учебник и практикум для академ. бакалавриата: в 2 ч. Ч. 2: Стандартизация и сертификация / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2017. – 325 с.

5 **Мочалов, В. Д.** Метрология, стандартизация и сертификация. Основы взаимозаменяемости: учебное пособие / В. Д. Мочалов, А. А. Погонин, А. А. Афанасьев. – 2-е изд., стер. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 264 с.

Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Допускаемые погрешности измерений

| Номинальный размер | Квалитет | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | |
| | <i>IT</i> | $\delta_{\text{изм}}$ | <i>IT</i> | $\delta_{\text{изм}}$ | <i>IT</i> | $\delta_{\text{изм}}$ | <i>IT</i> | $\delta_{\text{изм}}$ | <i>IT</i> | $\delta_{\text{изм}}$ | <i>IT</i> | $\delta_{\text{изм}}$ |
| 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 |

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

Таблица А.2 – 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 | ±0,1 | ШЦ-III | До 160 | 0,1 | ±0,1 |
| ШЦ-II | До 150 | 0,05 | ±0,1 | ШЦ-III | До 400 | 0,1 | ±0,1 |
| ШЦ-II | До 250 | 0,05 | ±0,1 | ШЦ-III | 250...630 | 0,1 | ±0,1 |

Таблица А.3 – Технические характеристики микрометров (ГОСТ 6507–78)

| 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.4 – 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.5 – 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.6 – 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 |
|----------------------------|-------------|------------------------|---------------------------------------|---|-------------|------------------------|---------------------------------------|
| Индикаторный (ГОСТ 868–82) | НИ 10 | 6...10 | ±0,012 | С измерительными головками (ГОСТ 9244–75) | 153 | 1,5...2,0 | ±0,0018 |
| | НИ 18 | 10...18 | ±0,012 | | 116 | 2...3 | ±0,0018 |
| | НИ50Л | 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 |
| | НИ250 | 160...250 | ±0,018 | | 109 | 18...50 | ±0,0035 |
| | НИ450 | 250...450 | +0,022 | | 154 | 50...100 | ±0,004 |
| | | | | | 155 | 100...160 | ±0,004 |
| | | | 156 | 160...260 | ±0,004 | | |

Таблица А.7 – 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 |

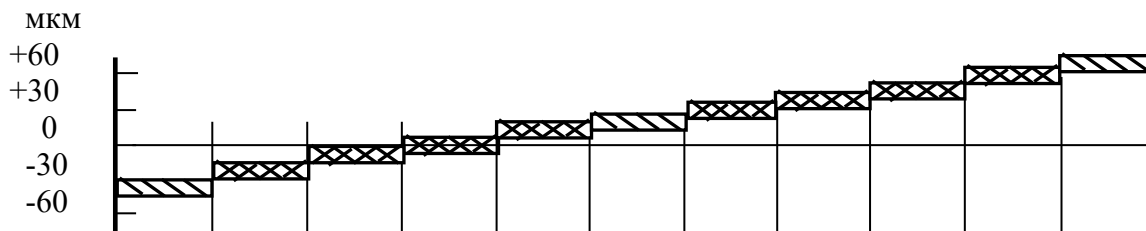
Таблица А.8 – Допуски для размеров от 1 до 500 мм (ГОСТ 25346–82)

| Интервал размеров, мм | Квалитет точности | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| | Допуск, мкм | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 | 400 | 600 | 1000 |
| Св. 3 до 6 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 | 1200 |
| Св. 6 до 10 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 | 1500 |
| Св. 10 до 18 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 | 700 | 1100 | 1800 |
| Св. 18 до 30 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1300 | 2100 |
| Св. 30 до 50 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1000 | 1600 | 2500 |
| Св. 50 до 80 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1200 | 1900 | 3000 |
| Св. 80 до 120 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1400 | 2200 | 3500 |
| Св. 120 до 180 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 | 4000 |
| Св. 180 до 250 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 | 4600 |
| Св. 250 до 315 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 | 5200 |
| Св. 315 до 400 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 | 5700 |
| Св. 400 до 500 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1550 | 2500 | 4000 | 6300 |

Приложение Б (справочное)

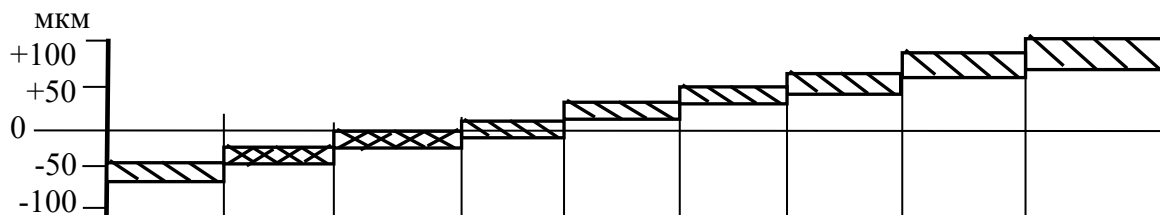
Предельные отклонения и поля допусков для размеров от 1 до 500 мм (ГОСТ 25347–82)

Квалитет 6



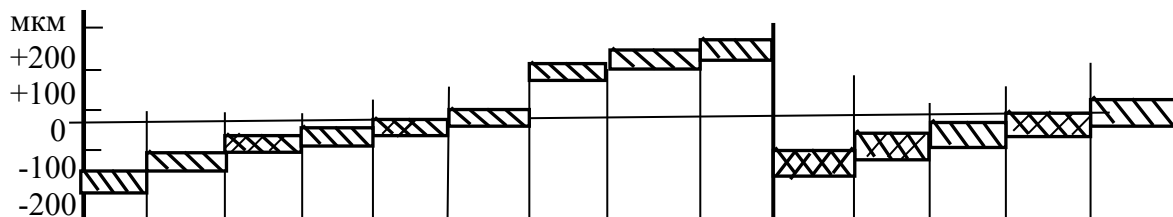
| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| | <i>f</i> 6 | <i>g</i> 6 | <i>h</i> 6 | <i>js</i> 6 | <i>k</i> 6 | <i>m</i> 6 | <i>n</i> 6 | <i>p</i> 6 | <i>r</i> 6 | <i>s</i> 6 | <i>t</i> 6 |
| | 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 |

Квалитет 7



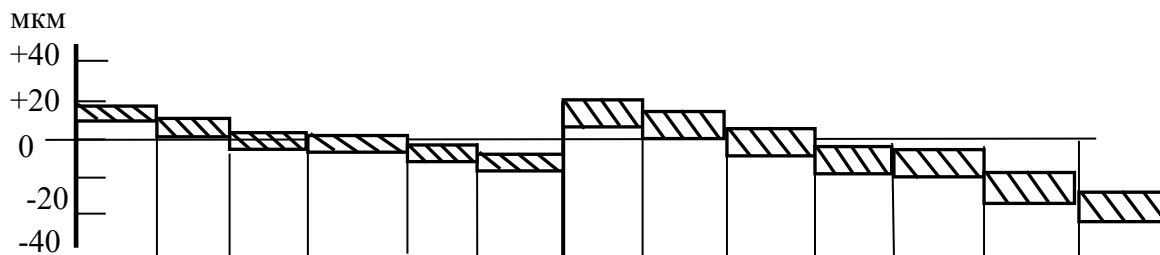
| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | <i>e7</i> | <i>f7</i> | <i>h7</i> | <i>js7</i> | <i>k7</i> | <i>m7</i> | <i>n7</i> | <i>s7</i> | <i>u7</i> |
| | 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 |
| | -50 | -34 | -18 | -9 | +1 | +7 | +12 | +28 | +33 |
| Св. 14 до 18 | -40 | -20 | 0 | +10 | +23 | +29 | +36 | +56 | +62 |
| | -61 | -41 | -21 | -10 | +2 | +8 | +15 | +35 | +41 |
| Св. 18 до 24 | -40 | -20 | 0 | +10 | +23 | +29 | +36 | +56 | +62 |
| | -61 | -41 | -21 | -10 | +2 | +8 | +15 | +35 | +41 |
| Св. 24 до 30 | -50 | -25 | 0 | +12 | +27 | +34 | +42 | +68 | +85 |
| | -75 | -50 | -25 | -12 | +2 | +9 | +17 | +43 | +60 |
| Св. 30 до 40 | -50 | -25 | 0 | +12 | +27 | +34 | +42 | +68 | +85 |
| | -75 | -50 | -25 | -12 | +2 | +9 | +17 | +43 | +60 |
| Св. 40 до 50 | -60 | -30 | 0 | +15 | +32 | +41 | +50 | +83 | +117 |
| | -90 | -60 | -30 | -15 | +2 | +11 | +20 | +53 | +87 |
| Св. 50 до 65 | -60 | -30 | 0 | +15 | +32 | +41 | +50 | +83 | +117 |
| | -90 | -60 | -30 | -15 | +2 | +11 | +20 | +53 | +87 |
| Св. 65 до 80 | -72 | -36 | 0 | +17 | +38 | +48 | +58 | +89 | +132 |
| | -107 | -71 | -35 | -17 | +3 | +13 | +23 | +59 | +102 |
| Св. 80 до 100 | -72 | -36 | 0 | +17 | +38 | +48 | +58 | +106 | +159 |
| | -107 | -71 | -35 | -17 | +3 | +13 | +23 | +71 | +124 |
| Св. 100 до 120 | -72 | -36 | 0 | +17 | +38 | +48 | +58 | +106 | +159 |
| | -107 | -71 | -35 | -17 | +3 | +13 | +23 | +71 | +124 |
| Св. 120 до 140 | -85 | -43 | 0 | +20 | +43 | +55 | +67 | +114 | +179 |
| | -125 | -83 | -40 | -20 | +3 | +15 | +27 | +79 | +144 |
| Св. 140 до 160 | -85 | -43 | 0 | +20 | +43 | +55 | +67 | +114 | +179 |
| | -125 | -83 | -40 | -20 | +3 | +15 | +27 | +79 | +144 |
| Св. 160 до 180 | -100 | -50 | 0 | +23 | +50 | +63 | +77 | +132 | +210 |
| | -146 | -96 | -46 | -23 | +4 | +17 | +31 | +92 | +170 |
| Св. 180 до 200 | -100 | -50 | 0 | +23 | +50 | +63 | +77 | +132 | +210 |
| | -146 | -96 | -46 | -23 | +4 | +17 | +31 | +92 | +170 |
| Св. 200 до 225 | -110 | -56 | 0 | +26 | +56 | +72 | +86 | +140 | +230 |
| | -162 | -108 | -52 | -26 | +4 | +20 | +34 | +100 | +190 |
| Св. 225 до 250 | -110 | -56 | 0 | +26 | +56 | +72 | +86 | +140 | +230 |
| | -162 | -108 | -52 | -26 | +4 | +20 | +34 | +100 | +190 |
| Св. 250 до 280 | -125 | -62 | 0 | +28 | +61 | +78 | +94 | +148 | +250 |
| | -182 | -119 | -57 | -28 | +4 | +21 | +37 | +108 | +210 |
| Св. 280 до 315 | -125 | -62 | 0 | +28 | +61 | +78 | +94 | +148 | +250 |
| | -182 | -119 | -57 | -28 | +4 | +21 | +37 | +108 | +210 |
| Св. 315 до 355 | -135 | -68 | 0 | +31 | +68 | +86 | +103 | +168 | +282 |
| | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +122 | +236 |
| Св. 355 до 400 | -135 | -68 | 0 | +31 | +68 | +86 | +103 | +168 | +282 |
| | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +122 | +236 |
| Св. 400 до 450 | -146 | -96 | -46 | -23 | +4 | +17 | +31 | +176 | +304 |
| | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +130 | +258 |
| Св. 450 до 500 | -146 | -96 | -46 | -23 | +4 | +17 | +31 | +176 | +304 |
| | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +140 | +284 |
| Св. 250 до 280 | -110 | -56 | 0 | +26 | +56 | +72 | +86 | +210 | +367 |
| | -162 | -108 | -52 | -26 | +4 | +20 | +34 | +158 | +315 |
| Св. 280 до 315 | -110 | -56 | 0 | +26 | +56 | +72 | +86 | +210 | +367 |
| | -162 | -108 | -52 | -26 | +4 | +20 | +34 | +158 | +315 |
| Св. 315 до 355 | -125 | -62 | 0 | +28 | +61 | +78 | +94 | +222 | +402 |
| | -182 | -119 | -57 | -28 | +4 | +21 | +37 | +170 | +350 |
| Св. 355 до 400 | -125 | -62 | 0 | +28 | +61 | +78 | +94 | +222 | +402 |
| | -182 | -119 | -57 | -28 | +4 | +21 | +37 | +170 | +350 |
| Св. 400 до 450 | -135 | -68 | 0 | +31 | +68 | +86 | +103 | +247 | +447 |
| | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +190 | +390 |
| Св. 450 до 500 | -135 | -68 | 0 | +31 | +68 | +86 | +103 | +247 | +447 |
| | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +208 | +435 |
| Св. 400 до 450 | -135 | -68 | 0 | +31 | +68 | +86 | +103 | +295 | +553 |
| | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +232 | +490 |
| Св. 450 до 500 | -135 | -68 | 0 | +31 | +68 | +86 | +103 | +295 | +553 |
| | -198 | -131 | -63 | -31 | +5 | +23 | +40 | +252 | +540 |

Квалитеты 8 и 9



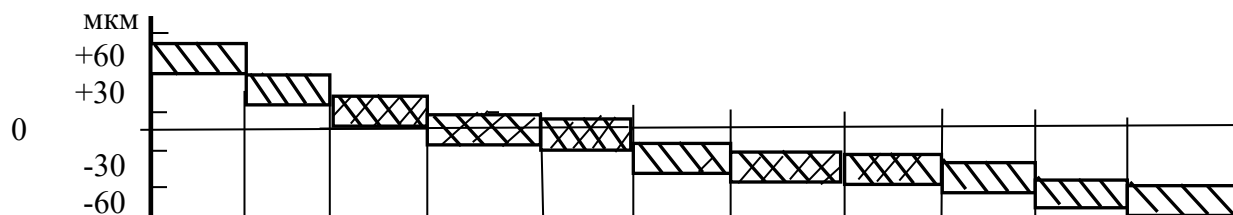
| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|--------------|--------------|-------------|----------|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------|------------|
| | 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 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 18 до 24 | -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. 24 до 30 | | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 30 до 40 | -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. 40 до 50 | -130 -169 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 50 до 65 | -140 -186 | -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. 65 до 80 | -150 -196 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 80 до 100 | -170 -224 | -120 -174 | -72 -126 | -36 -90 | 0 -54 | +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. 100 до 120 | -180 -234 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 120 до 140 | -200 -263 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 140 до 160 | -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. 160 до 180 | -230 -293 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 180 до 200 | -240 -312 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 200 до 225 | -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. 225 до 250 | -280 -350 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 250 до 280 | -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. 280 до 315 | -330 -411 | | | | | | | | | | | | | |
| Св. 315 до 355 | -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 |

Квалитеты 5 и 6



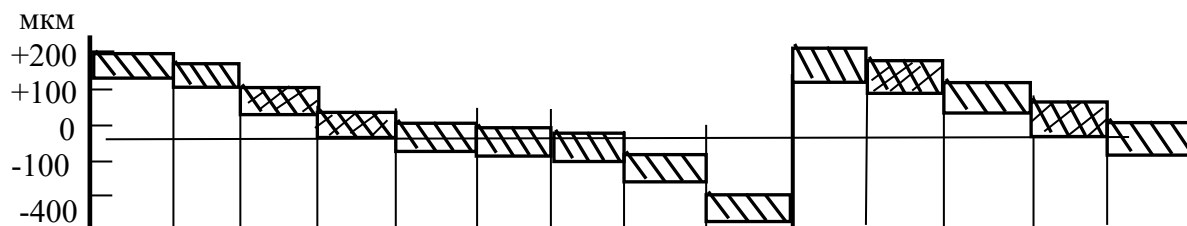
| Интервал размеров, мм | Поля допусков | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | <i>G5</i> | <i>H5</i> | <i>Js5</i> | <i>K5</i> | <i>M5</i> | <i>N5</i> | <i>G6</i> | <i>H6</i> | <i>Js6</i> | <i>K6</i> | <i>M6</i> | <i>N6</i> | <i>P6</i> |
| | Предельные отклонения, мкм | | | | | | | | | | | | |
| От 1 до 3 | +6 | +4 | +2,0 | 0 | -2 | -4 | +8 | +6 | +3,0 | 0 | -2 | -4 | -6 |
| | +2 | 0 | -2,0 | -4 | -6 | -8 | +2 | 0 | -3,0 | -6 | -8 | -10 | -12 |
| Св. 3 до 6 | +9 | +5 | +2,5 | 0 | -3 | -7 | +12 | +8 | +4,0 | +2 | -1 | -5 | -9 |
| | +4 | 0 | -2,5 | -5 | -8 | -12 | +4 | 0 | -4,0 | -6 | -9 | -13 | -17 |
| Св. 6 до 10 | +11 | +6 | +3,0 | +1 | -4 | -8 | +14 | +9 | +4,5 | +2 | -3 | -7 | -12 |
| | +5 | 0 | -3,0 | -5 | -10 | -14 | +5 | 0 | -4,5 | -7 | -12 | -16 | -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 | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | <i>F7</i> | <i>G7</i> | <i>H7</i> | <i>Js7</i> | <i>K7</i> | <i>M7</i> | <i>N7</i> | <i>P7</i> | <i>R7</i> | <i>S7</i> | <i>T7</i> |
| | 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 | | | | | | | | | | | -39 -64 |
| Св. 40 до 50 | +50 +25 | +34 +9 | +25 0 | +12 -12 | +7 -18 | 0 -25 | -8 -33 | -17 -42 | -25 -50 | -34 -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 | +54 | +40 | +20 | +12 | 0 | -12 | -28 | -50 -90 | -85 -125 | -119 -159 |
| Св. 160 до 180 | +43 | +14 | 0 | -20 | -28 | -40 | -52 | -68 | -53 -93 | -93 -133 | -131 -171 |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | -60 -106 | -105 -151 | -149 -195 |
| Св. 200 до 225 | +96 | +61 | +46 | +23 | +13 | 0 | -14 | -33 | -63 -109 | -113 -159 | -163 -209 |
| Св. 225 до 250 | +50 | +15 | 0 | -23 | -33 | -46 | -60 | -79 | -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 | +73 | +53 | +33 | +16 | +10 | +4 | -3 | -41 -74 | +117 | +92 | +72 | +52 | +26 |
| Св. 24 до 30 | +65 | +40 | +20 | 0 | -16 | -23 | -29 | -36 | -48 -81 | +65 | +40 | +20 | 0 | -26 |
| Св. 30 до 40 | +119 | +89 | +64 | +39 | +19 | +12 | +5 | -3 | -60 -99 | +142 | +112 | +87 | +62 | +31 |
| Св. 40 до 50 | +80 | +50 | +25 | 0 | -19 | -27 | -34 | -42 | -70 -109 | +8 | +50 | +25 | 0 | -31 |
| Св. 50 до 65 | +146 | +106 | +76 | +46 | +23 | +14 | +5 | -4 | -87 -133 | +174 | +134 | +104 | +74 | +37 |
| Св. 65 до 80 | +100 | +60 | +30 | 0 | -23 | -32 | -41 | -50 | -102 -148 | +100 | +60 | +30 | 0 | -37 |
| Св. 80 до 100 | +174 | +126 | +90 | +54 | +27 | +16 | +6 | -4 | -124 -178 | +207 | +159 | +123 | +87 | +43 |
| Св. 100 до 120 | +120 | +72 | +36 | 0 | -27 | -38 | -48 | -58 | -144 -198 | +120 | +72 | +36 | 0 | -43 |
| Св. 120 до 140 | +208 | +148 | +106 | +63 | +31 | +20 | +8 | -4 | -170 -233 | +245 | +185 | +143 | +100 | +50 |
| Св. 140 до 160 | +145 | +85 | +43 | 0 | -31 | -43 | -55 | -67 | -190 -253 | +145 | +85 | +43 | 0 | -50 |
| Св. 160 до 180 | | | | | | | | | -210 -273 | | | | | |
| Св. 180 до 200 | | | | | | | | | -236 -308 | | | | | |
| Св. 200 до 225 | +242 +170 | +172 +100 | +122 +50 | +72 0 | +36 -36 | +22 -50 | +9 -63 | -5 -77 | -258 -330 | +285 +170 | +215 +100 | +165 +50 | +115 0 | +57 -57 |
| Св. 225 до 250 | | | | | | | | | -284 -356 | | | | | |
| Св. 250 до 280 | +271 | +191 | +137 | +81 | +40 | +25 | +9 | -5 | -315 -396 | +320 | +240 | +186 | +130 | +65 |
| Св. 280 до 315 | +190 | +110 | +56 | 0 | -40 | -56 | -72 | -86 | -350 -431 | +190 | +110 | +56 | 0 | -65 |
| Св. 315 до 355 | +299 | +214 | +151 | +89 | +44 | +28 | +11 | -5 | -390 -479 | +350 | +265 | +202 | +140 | +70 |
| Св. 355 до 400 | +210 | +125 | +62 | 0 | -44 | -61 | -78 | -94 | -435 -524 | +210 | +125 | +62 | 0 | -70 |