МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических
занятий по дисциплине
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»
для студентов очной/заочной формы обучения направления
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Электропривод и автоматикапромышленных установок
и технологических комплексов
Год начала обучения 2022
Изучается в 4 семестре

Невинномысск 2022

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ». Указания предназначены для студентов очной формы обучения направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Содержат основные разделы изучаемого теоретического материала, перечень вопросов необходимых для проработки, а также список рекомендуемой литературы.

Составители *Д.В. Казаков, канд. техн. наук, доцент.*
Е.В. Вернигорова, ст. преподаватель

Отв. редактор *А.И. Свидченко, канд. техн. наук, доцент.*

Содержание

Практическое занятие № 1. Градуировка средств измерений
Практическое занятие № 2. Анализ погрешностей результатов косвенных измерений
Практическое занятие № 3. Поверка средств измерений
Практическое занятие № 4. Обработка результатов прямых однократных измерений
Практическое занятие № 5. Обработка данных при прямых - многократных измерениях
Практическое занятие № 6. Обнаружение и исключение промахов из прямых наблюдений при многократных измерениях
Практическое занятие № 7. Оценка погрешностей результатов однократных измерений с помощью технических средств измерений
Практическое занятие № 8. Определение подлинности товара по штрихкоду международного стандарта EAN
Приложение 8.1. Штрих-коды некоторых стран
Практическое занятие № 9. Изучение основополагающих нормативных документов по стандартизации Российской Федерации
Практическое занятие № 10. Изучение порядка проведения сертификации продукции
Приложение 10.1. Бланк сертификата соответствия продукции
Приложение 10.2. Правила заполнения бланка сертификата соответствия продукции
Приложение 10.3. Существующие схемы сертификации продукции
Приложение 10.4. Форма заявки на проведение сертификации продукции
Практическое занятие № 11. Изучение порядка проведения сертификации услуг
Приложение 11.1. Форма заявки на проведение сертификации услуг
Приложение 11.2. Существующие схемы сертификации услуг
Приложение 11.3. Бланк сертификата соответствия услуги
Приложение 11.4. Правила заполнения бланка сертификата соответствия услуги
Практическое занятие№12. Решение задач на определение погрешности измерений и средств измерений
Практическое занятие№13. Определение класса точности по заданным пределам
Практическое занятие№14. Измерение линейных величин
Практическое занятие№15. Методы и средства контроля резьбы
Практическое занятие№16. Изучение нормативных документов ПР 50.2.006-94 - Порядок проведения поверки средств измерений
Практическое занятие№17. Решение задач по расчету допусков и посадок.
Практическое занятие№18 Условные обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей отдельных элементов деталей

Практическое занятие№19. Изучение средств измерений для контроля шероховатости поверхности
Практическое занятие№20. Изучение правил сертификации продукции, работ, услуг
Приложение А. График поверки средств измерений
Приложение Б. Свидетельство о поверке
Приложение В. Извещение о непригодности к применению
Список литературы.

Практическое занятие № 1.

Градуировка средств измерений

Цель занятия: научиться определять градуировочную характеристику средств измерений [1, 2, 3].

Краткие теоретические сведения

Средствами измерений (СИ) являются измерительные технические устройства, имеющие нормированные метрологические характеристики. Под метрологическими характеристиками понимают такие свойства СИ, которые позволяют оценить результат измерения физических величин и его погрешности. СИ способно хранить и воспроизводить единицы или шкалы измеряемых величин и сохранять их размер неизменным в течение определенного времени. Техническое средство непосредственно после изготовления становится измерительным после передачи ему единицы (или шкалы) от другого более точного СИ. Эта операция называется градуировкой. В более общем смысле градуировка СИ означает определение функциональной зависимости между входной (в частности, измеряемой физической величиной) и выходной величинами с использованием образцовых СИ на входе и выходе этого СИ. При этом в любых СИ осуществляются измерительные преобразования, сопровождающиеся изменениями рода физических величин с требуемым качеством метрологических характеристик.

Градуировка выполняется в условиях, когда измеряемая величина либо не меняется, либо ее изменением можно пренебречь, а время позволяет снимать показания после того, как указатель отсчетного устройства окончательно остановится на какой-нибудь отметке шкалы.

Различают градуировку в отдельных точках диапазона измерений и построение непрерывной градуировочной характеристики.

Градуировка в отдельных точках диапазона измерений является наиболее простой. Так, например, при градуировке ртутного термометра в двух реперных точках (при температуре таяния льда и температуре кипения воды) получают по n значений длины ртутного столба в каждой точке. Затем в центрах рассеяния наносят отметки шкалы и присваивают этим отметкам значения 0 ^{o}Ц и 100 ^{o}Ц, соответственно. Если длина ртутного столба прямо пропорциональна измеряемой температуре, то расстояние между полученными отметками шкалы можно разбить на 100 равных частей и получить термометрическую шкалу с ценой деления 1 ^{o}Ц[1)].

[1)] Такая градуировка ртутных термометров осуществлялась в прошлом, когда в качестве единицы измерения температуры использовался ^{o}Ц. При современных температурных шкалах, основанных на объемном расширении веществ dT = kdV, где V – объем вещества, k – температурный коэффициент расширения вещества, ртутные термометры градуируются по образцовым манометрическим термометрам. Это связано с тем, что значение k зависит от интервала измеряемых температур, т.е. шкалы ртутных термометров нелинейны. Использование манометрических термометров обеспечивает адекватность ^{o}С и К как единиц измерения температуры и их перевода с учетом разницы в реперных точках, т.е. T [K] = T [^{o}C] + 273, 15 [K].

Построение градуировочной характеристики предполагает две возможности. Первая из них заключается в том, что зависимость между входным воздействием и откликом на него известна (например, линейная, квадратичная, логарифмическая и т.п.), но неизвестны коэффициенты, входящие в соответствующее алгебраическое уравнение. Вторая возможность состоит в необходимости аппроксимации экспериментальных данных аналитической зависимостью [3].

Если вид градуировочной характеристики $Y = f(X)$, где X – входная величина, Y – выходная величина, известен, то задача состоит в том, чтобы в её представлении полиномом соответствующей степени

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + ... + a_m \cdot X^m$$

найти такие значения коэффициентов a_0, a_1, a_2, ..., a_m, при которых эта зависимость наилучшим образом соответствовала бы экспериментальным данным.

На рис. 1.1 показаны некоторые варианты построения линейной градуировочной характеристики по экспериментальным данным, обозначенным кружочками. Вопрос о том, какой из вариантов лучше, должен решаться на основе какого-то критерия. Если значения входных воздействий $X_1, X_2, ..., X_n$ известны точно, а отклики на них $Y_1, Y_2, ..., Y_n$ подчиняются нормальному закону распределения вероятности, то обычно используется *метод наименьших квадратов (МНК)*.

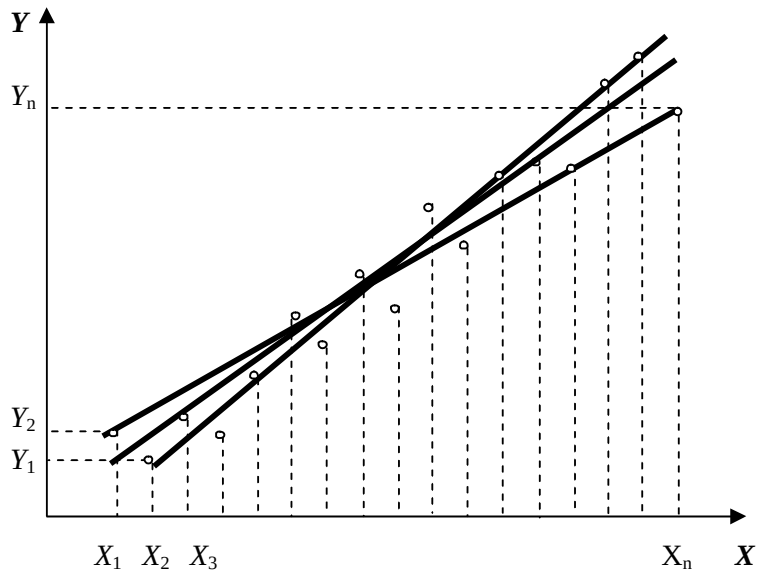


Рис.1.1. Построение линейной градуировочной характеристики по экспериментальным данным

Минимизируется сумма квадратов отклонений откликов по оси ординат от градуировочной характеристики:

$$\sum_{i=1}^{n}(Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_i - a_2 \cdot X_i^2 - ... - a_m \cdot X_i^m)^2 = min. \qquad (1.1)$$

Коэффициенты $a_0, a_1, a_2, ..., a_m$, определяющие оптимальную по критерию наименьших квадратов градуировочную характеристику, находятся из условия равенства нулю производных от этой суммы по каждому коэффициенту.

Пример

При градуировке измерительного прибора с линейной градуировочной характеристикой получены числовые значения экспериментальных данных, представленные в табл.1.1.

Таблица 1.1

Экспериментальные данные

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X_i	41	50	81	104	120	139	154	180	208	241	250	269	301
Y_i	4	8	10	14	15	20	19	23	26	30	31	30	37

Найти методом наименьших квадратов аналитическое выражение для градуировочной характеристики и построить её графически.

Решение

1. Линейная градуировочная характеристика описывается выражением:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X,$$

где коэффициенты a_0 и a_1 методом наименьших квадратов находятся из условия:

$$\sum_{i=1}^{13}(Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_i)^2 = min,$$

где i – номер опыта.

2. Вышеприведенная функция минимальна в точке, где ее производные по a_0 и a_1 равны нулю. Поэтому коэффициенты a_0 и a_1 определяются в результате решения системы уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{13} (Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_i) = 0; \\ \sum_{i=1}^{13} Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_i) \cdot X_i = 0 \end{cases}$$

3. Два уравнения с двумя неизвестными имеют единственное решение. Разделим левую и правую части каждого уравнения на 13, введем обозначения:

$$\frac{1}{13}\sum_{i=1}^{13} Y_i = \hat{\bar{Y}};$$

$$\frac{1}{13}\sum_{i=1}^{13} X_i = \hat{\bar{X}};$$

$$\frac{1}{13}\sum_{i=1}^{13} X_i^2 = \hat{\bar{X}}^2;$$

$$\frac{1}{13}\sum_{i=1}^{13} Y_i \cdot X_i = \hat{\overline{XY}},$$

где $\hat{\bar{Y}}$, $\hat{\bar{X}}$, $\hat{\overline{XY}}$ – оценки среднего значения.

Тогда получим выражение для коэффициентов a_0 и a_1 в форме, выходящей по своему значению за рамки частного примера:

$$a_0 = \frac{\hat{\bar{X}}^2 \cdot \hat{\bar{Y}} - \hat{\bar{X}} \cdot \hat{\overline{XY}}}{\hat{\bar{X}}^2 - \left(\hat{\bar{X}}\right)^2};$$

$$a_1 = \frac{\hat{\overline{XY}} - \hat{\bar{X}} \cdot \hat{\bar{Y}}}{\hat{\bar{X}}^2 - \left(\hat{\bar{X}}\right)^2}.$$

4. В рассматриваемом случае $a_0 = 0{,}7$; $a_1 = 0{,}124$, так что аналитическое выражение для градуировочной характеристики имеет вид:

$$Y = 0{,}7 + 0{,}124 \cdot X.$$

Графически она построена на рис.1.2, где точками нанесены экспериментальные данные.

Выражениями для a_0 и a_1, полученными в рассмотренном примере, можно пользоваться при градуировке измерительных приборов с нелинейными градуировочными характеристиками.

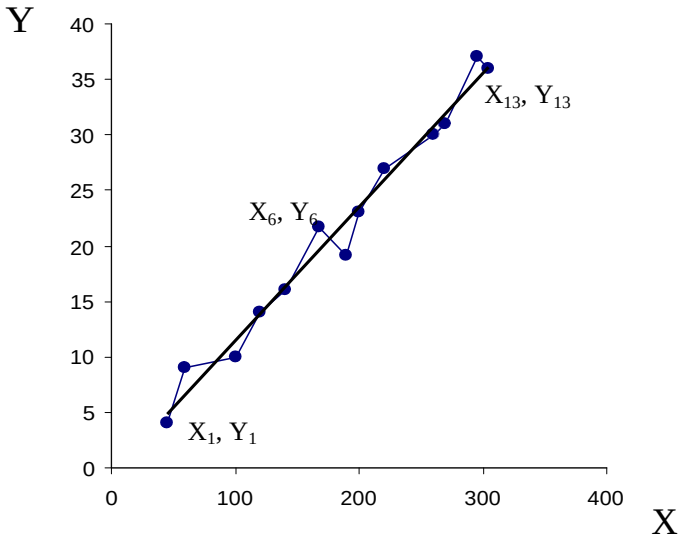


Рис.1.2. Градуировочная характеристика, найденная по МНК

Так, например, если она описывается зависимостью

$$Y = a_0 + \frac{a_1}{X},$$

то в формулы для коэффициентов a_0 и a_1 вместо X следует подставлять $Z = \frac{1}{X}$, точно так же, если

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X^2,$$

то задача линеаризуется подстановкой $Z = X^2$.

Иногда для линеаризации может использоваться логарифмирование. Если, например,

$$Y = a_0 \cdot e^{a_1 \cdot X},$$

то после логарифмирования по основанию натуральных логарифмов получается:

$$\ln Y = \ln a_0 + a_1 \cdot X. \qquad (1.2)$$

Если градуировочная характеристика СИ имеет вид:

$$Y = k_0 \cdot e^{\frac{k_1}{X}}, \qquad (1.3)$$

то после логарифмирования выражения (1.3) с использованием натуральных логарифмов получим

$$\ln Y = \ln k_0 + \frac{k_1}{X}.$$

Произведя замену переменных, составим линейное уравнение относительно новых переменных:

$$Z = a_0 + a_1 \cdot W, \qquad (1.4)$$

где $Z = \ln Y$, $a_0 = \ln k_0$, $a_1 = k_1$, $W = X^{-1}$.

Для линеаризации градуировочной характеристики СИ вида:

$$Y = k_0 \cdot \ln \frac{X}{k_1} \qquad (1.5)$$

представим выражение (1.5) в виде:

$$Y = k_0 (\ln X - \ln k_1).$$

Отсюда:

$$Y = k_0 \ln X - k_0 \ln k_1,$$

и получим линейную зависимость

$$Y = a_0 + a_1 \cdot Z, \qquad (1.6)$$

где $a_0 = -k_0 \cdot \ln k_1$; $a_1 = k_0$; $Z = \ln X$.

При наличии данных, аналогичных приведенным в табл.1.1, решение производится по новым переменным с учетом их значений в формулах (1.2), (1.4) и (1.6).

Если вид градуировочной характеристики неизвестен, то возникает задача отыскания наилучшей аппроксимации экспериментальных данных, полученных при градуировке, аналитической зависимостью (рис. 1.3). Решение ее методом наименьших квадратов (МНК) отличается от решения предыдущей задачи только тем, что степень полинома

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + \ldots$$

неизвестна. Она устанавливается на основании требований к точности градуировки. После этого минимизируется выражение (1.1). Количество уравнений для определения коэффициентов $a_0, a_1, a_2, \ldots$ всегда равно числу неизвестных, так что задача имеет единственное решение. В специальной литературе она иногда называется *задачей сглаживания.*

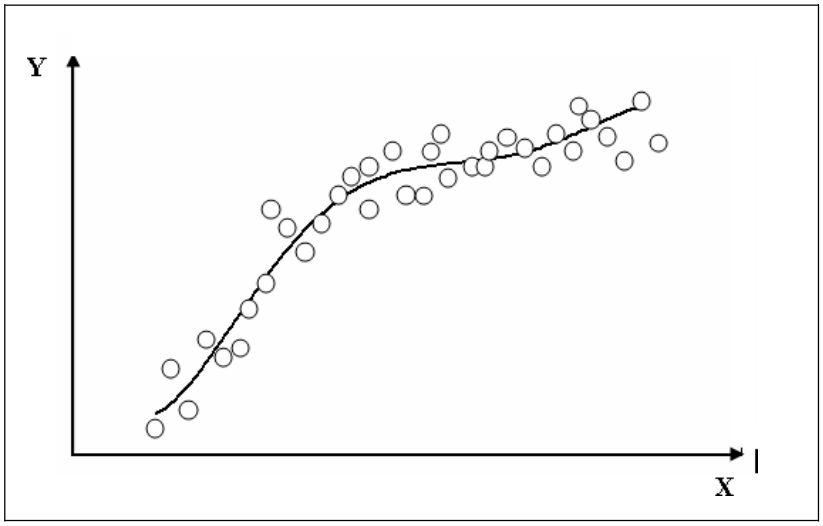


Рис.1.3. Построение градуировочной характеристики, вид которой неизвестен

Задание

При градуировке средства измерения с линейной функциональной характеристикой получены числовые значения экспериментальных данных, приведенные в табл.1.2. По полученным данным найти методом наименьших квадратов аналитические выражения для градуировочной характеристики и построить ее графически.

Таблица 1.2

Экспериментальные данные

Номер эксперимента i	Входная величина X_i	Выходные величины Y_j				
		$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
1	0	46,00	100	10	100	53
2	10	47,82	103,96	10,396	104,26	55,26
3	20	49,64	107,91	10,791	108,52	57,52
4	30	51,45	111,85	11,185	112,78	59,77
5	40	53,26	115,78	11,578	117,04	62,03
6	50	55,06	119,7	11,97	121,3	64,29
7	60	56,86	123,6	12,36	125,56	66,55
8	70	58,65	127,49	12,749	129,82	68,81
9	80	60,43	131,37	13,137	134,08	71,06
10	90	62,21	135,24	13,524	138,34	73,32

Окончание табл. 1.2

Номер эксперимента i	Входная величина X_i	Выходные величины Y_j				
		$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
11	100	63,99	139,1	13,91	142,6	75,58
12	110	65,76	142,95	14,295	146,86	77,84
13	120	67,52	146,78	14,678	151,12	80,09
14	130	69,28	150,6	15,06	155,38	82,35
15	140	71,03	154,41	15,441	159,64	84,61
16	150	72,78	158,21	15,821	163,9	86,87
17	160	74,52	162	16,2	168,16	89,13
18	170	76,26	165,78	16,578	172,42	91,38
19	180	77,99	169,54	16,954	176,68	93,64
20	190	79,71	173,29	17,329	–	–
21	200	81,43	177,03	17,703	–	–

Содержание отчета

1. Таблица экспериментальных данных.
2. Результаты расчетов градуировочной характеристики СИ.
3. Функциональная зависимость $y = f(x)$ в графическом виде.
4. Выводы по проделанной работе (коэффициенты для градуировочной характеристики).

Контрольные вопросы

1. Дать определение СИ.
2. Дать определение понятия «градуировка СИ».
3. В каких задачах используется метод наименьших квадратов?
4. Привести примеры линеаризации градуировочных функциональных зависимостей для СИ [6].

Практическое занятие № 2.

Анализ погрешностей результатов косвенных измерений

Цель занятия: научиться оценивать погрешности косвенных измерений физических величин и сформулировать требования к точности измерений непосредственно измеряемых величин – аргументов функциональной зависимости результатов косвенных измерений от прямых измеряемых величин [1, 2, 3].

Краткие теоретические сведения

При косвенных измерениях значение искомой величины Z вычисляют по результатам прямых измерений других величин X_i, функционально связанных с искомой. Функциональная зависимость $Z(X_1, X_2, X_3 \ldots X_n)$, как правило, задается в виде формулы.

Обычно рекомендуют провести вначале обработку результатов каждого из прямых измерений, затем по полученным оценкам центров распределений величин X_i вычислить оценку искомой величины Z и, наконец, по оценкам погрешностей оценок X_i вычислить оценку погрешностей окончательного результата, как будет описано ниже.

Но для оценивания случайной составляющей погрешности результата возможен и другой путь: многократно повторить процедуру, состоящую из однократных измерений всех X_i и вычисления Z, получить таким образом выборку значений Z со статистическим разбросом и обработать ее стандартным способом. Достоинство этого метода состоит в том, что он не требует знания характеристик составляющих случайной погрешности, экспериментатор имеет дело сразу с их суммой. Тем не менее, его применяют реже. Поэтому вернемся к задаче вычисления оценки погрешности окончательного результата по оценкам погрешностей непосредственно измеренных величин X_i.

Поскольку погрешности этих величин предстоит суммировать, удобно характеризовать их оценками средними квадратическими отклонениями (СКО) S_i.

Наиболее простая функциональная зависимость – линейная комбинация $Z = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \ldots + b_n X_n$. Переходя к дифференциалам как аналогам малых погрешностей, получаем:

$$dZ = b_1 \cdot dX_1 + b_2 \cdot dX_2 + \ldots + b_n \cdot dX_n$$

или

$$\Delta_Z = b_1 \Delta_{X_1} + b_2 \Delta_{X_2} + \ldots + b_n \Delta_{X_n}, \qquad (2.1)$$

где $\Delta_{X_1}, \Delta_{X_2}, \ldots \Delta_{X_n}$ – абсолютные погрешности прямых измерений; Δ_Z – абсолютная погрешность косвенного результата измерения.

Для систематических составляющих погрешностей Δ_c формула (2.1) рассматривается как алгебраическая сумма погрешностей результатов прямых измерений:

$$\Delta_{Zc} = \sum_{i=1}^{n} b_i \cdot \Delta_{X_i c}, \tag{2.2}$$

а для случайных составляющих погрешностей $\overset{o}{\Delta}$ – как геометрическая сумма:

$$\overset{o}{\Delta}{}^2_Z = \sum_{i=1}^{n} b_i^2 \cdot \overset{o}{\Delta}{}^2_{X_i}, \tag{2.3}$$

Немного сложнее случай, когда искомая величина выражается в виде произведения $Z = X_1^{c_1} \cdot X_2^{c_2} \cdot \ldots \cdot X_m^{c_m}$. Это произведение сначала логарифмируют и только после этого переходят к дифференциалам, получая:

$$\ln Z = c_1 \cdot \ln X_1 + c_2 \cdot \ln X_2 + \ldots + c_m \cdot \ln X_m \tag{2.4}$$

и

$$\frac{dZ}{Z} = c_1 \frac{dX_1}{X_1} + c_2 \frac{dX_2}{X_2} + \ldots + c_m \frac{dX_m}{X_m} \tag{2.5}$$

или

$$\delta_Z = c_1 \cdot \delta_{X_1} + c_2 \cdot \delta_{X_2} + \ldots + c_m \cdot \delta_{X_m} = \sum_{j=1}^{m} c_j \cdot \delta_{X_j}. \tag{2.6}$$

Видно, что, в отличие от предыдущего случая, когда суммировались абсолютные погрешности, здесь суммируются относительные погрешности. Систематические относительные составляющие суммируются со своими знаками с учетом знаков показателей c_j:

$$\delta_{Zc} = \sum_{j=1}^{m} c_j \delta_{X_j c}. \tag{2.7}$$

Случайные погрешности суммируются по правилу сложения дисперсий:

$$\overset{o}{\delta}{}^2_Z = c_1^2 \overset{o}{\delta}{}^2_{X_1} + c_2^2 \overset{o}{\delta}{}^2_{X_2} + \ldots + c_m^2 \overset{o}{\delta}{}^2_{X_m} = \sum_{j=1}^{m} c_j^2 \overset{o}{\delta}{}^2_{X_j}. \tag{2.8}$$

Отметим особенность косвенных измерений, заключающуюся в том, что нельзя для каждого возможного значения Z заранее оценить инструментальную погрешность (как это делается при прямых измерениях). Дело в том, что одно и то же значение Z может быть получено при различных сочетаниях непосредственно измеряемых величин, а значит, и при различных погрешностях их измерения. Получив окончательный результат и отбросив промежуточные данные, экспериментатор уже не может восстановить исходное сочетание величин X_j.

Это особенность была не очень заметной, пока результаты косвенных измерений обрабатывались вручную. Но при переходе к автоматизированным экспериментальным установкам и измерительным информационным системам (ИИС) невозможность их метрологической аттестации по образцу простых приборов стала вызывать определенные трудности. Для их преодоления пришлось возложить оценивание погрешностей косвенных измерений на вычислительные средства, входящие в состав самих ИИС. Были разработаны нормативные документы, согласно которым оценки погрешностей косвенных измерений должны вычисляться для каждого получаемого результата параллельно с вычислениями самого этого результата. Для вычисления оценок погрешностей должны быть предусмотрены специальные программы.

Следует подчеркнуть, что, исходя из зависимостей (2.1 – 2.8), можно сформулировать требования к точности измерения непосредственно измеряемых величин X_i и X_j , которые связаны с искомым значением косвенных измерений известной зависимостью $Z = f(X_1, X_2, \ldots, X_n)$. Используя правило равноточных измерений, все составляющие погрешностей прямых измерений в абсолютной и относительной формах, примерно, должны быть одинаковы по размеру, что с учетом коэффициентов влияния b_i и c_j предъявляет требования к выбору Δ_i и δ_j.

Рассмотрим пример расчета погрешностей косвенных измерений.

Для точного измерения значений сопротивления R_x обычно используют метод их расчета по закону Ома:

$$R_X = \frac{U}{I}, \qquad (2.9)$$

где I и U – ток и напряжение, соответственно.

Кроме того, так как точные амперметры в лабораториях отсутствуют, а потенциометры обладают достаточно хорошими метрологическими характеристиками, то и значения токов предпочтительно измеряют с помощью потенциометра, определяя падение напряжения на образцовых сопротивлениях $R_{обр}$, включенных последовательно с искомым значением сопротивления R_X.

Тогда значение тока I вычисляют, зная падение напряжения $U_{обр}$ на образцовом сопротивлении $R_{обр}$:

$$I = \frac{U_{обр}}{R_{обр}}. \qquad (2.10)$$

Откуда искомое сопротивление вычисляют по зависимости:

$$R_X = \frac{U_X}{U_{обр}} \cdot R_{обр}, \qquad (2.11)$$

где U_X – падение напряжения на R_X.

Используя формулы (2.7) и (2.8), получим выражения для систематических и случайных составляющих погрешностей косвенного измерения R_X:

$$\Delta_{R_X c} = \Delta_{U_X c} - \Delta_{U_{обр} c} + \Delta_{R_{обр} c} \qquad (2.12)$$

и

$$\overset{o}{\Delta}{}^2_{R_X} = \overset{o}{\Delta}{}^2_{U_X} + \overset{o}{\Delta}{}^2_{U_{обр}} + \overset{o}{\Delta}{}^2_{R_{обр}}, \qquad (2.13)$$

где $\Delta_{R_X c}$ и $\overset{o}{\Delta}_{R_X}$ – систематическая и случайная составляющие погрешности измерения R_x, соответственно.

Основная статическая погрешность потенциометра $\Delta_n = \Delta_{U_X} = \Delta_{U_{обр}} = \pm 0{,}05\,\%$, образцовое манганиновое сопротивление известно с погрешностью $\Delta_{R_{обр}} = \pm 0{,}01\,\%$, тогда:

$$\Delta_{R_X c} = \Delta_{U_X c} - \Delta_{U_{обр} c} + \Delta_{R_{обр} c} = \Delta_{R_{обр} c}$$

$$\Delta_{R_X c} = \Delta_{R_{обр} c} \le \pm 0{,}01\,\%,$$

$$\overset{o}{\Delta}{}^2_{R_X} = \overset{o}{\Delta}{}^2_{U_X} + \overset{o}{\Delta}{}^2_{U_{обр}} + \overset{o}{\Delta}{}^2_{R_{обр}},$$

$$\overset{o}{\Delta}_{R_X} = [(0{,}05)^2 + (0{,}05)^2 + (0{,}01)^2]^{1/2} \cong \pm 0{,}07\,\%.$$

На основании этого можно утверждать, что погрешность измерения сопротивления R_X находится в пределах $(\Delta_{R_X c} - \overset{o}{\Delta}_{R_X}) < \Delta_{R_X} < (\Delta_{R_X c} + \overset{o}{\Delta}_{R_X})$, и, рассчитывая максимальные пределы погрешности измерения R_X с учетом знаков систематической погрешности, получим $-0{,}08\,\% < \Delta_{R_X} < +0{,}08\,\%$ или $\Delta_{R_X} = \pm 0{,}08\,\%$.

Задание

Вариант 1

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения силы F по зависимости $F = m \cdot a$, где m – масса тела; a – ускорение.

Дано: $\Delta_{mc} = \pm 0{,}1\%$, $\overset{o}{\Delta}_m = \pm 0{,}05\%$, $\Delta_{ac} = \pm 0{,}02\%$, $\overset{o}{\Delta}_a = \pm 0{,}07\%$.

Вариант 2

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения излучательности R_l по зависимости $R_l = \sigma \cdot T^4$, где σ – постоянная Стефана-Больцмана ($5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м^2·К$^{4)}$); T – абсолютная температура.

Дано: $\overset{o}{\Delta}_a = \pm 10^{-3}\,отн.ед.$, $\Delta_{Tc} = \pm 10^{-4}\,отн.ед.$, $\overset{o}{\Delta}_T = \pm 10^{-5}\,отн.ед.$

Вариант 3

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения энергии магнитного поля соленоида W по зависимости $W = \frac{B \cdot H}{2} \cdot S \cdot l$, где B – магнитная индукция; H – коэрцитивная сила; S – площадь соленоида; l – длина соленоида.

Дано: $\Delta_{Bc} = \pm 0{,}4\%$, $\overset{o}{\Delta}_B = \pm 0{,}2\%$, $\Delta_{Hc} = \pm 0{,}6\%$, $\overset{o}{\Delta}_H = \pm 0{,}5\%$, $\Delta_{Sc} = \pm 0{,}1\%$, $\overset{o}{\Delta}_S = \pm 0{,}05\%$, $\Delta_{lc} = \pm 0{,}05\%$, $\overset{o}{\Delta}_l = \pm 0{,}02\%$.

Вариант 4

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения мощности тока P по зависимости $P = I^2 \cdot R$, где I – ток; R – активное сопротивление.

Дано:

$\Delta_{Ic} = \pm 0{,}5\%$, $\overset{o}{\Delta}_I = \pm 0{,}1\%$, $\Delta_{Rc} = \pm 0{,}3\%$, $\overset{o}{\Delta}_R = \pm 0{,}05\%$.

Вариант 5

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения объемного расхода вещества F, измеряемого расходомером переменного перепада давления, по зависимости

$F = 4 \cdot 10^3 \cdot \square \cdot \square \cdot m \cdot D^2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\square}}$, где $\square$ – коэффициент расхода; – коэффициент сжатия вещества, m – модуль сужающего устройства; D – диаметр трубопровода; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве; $\square$ – плотность вещества.

Дано: $\square$ и m – постоянные величины;

$\square_{\square c} = \pm 0,7\%, \overset{o}{\square}_{\square} = \pm 0,5\ \%;$

$\square_{Dc} = \pm 0,1\ \%, \overset{o}{\square}_{D} = \pm 0,2\ \%;$

$\square_{\square Pc} = \pm 0,5\ \%, \overset{o}{\square}_{\square P} = \pm 0,4\ \%;$

$\square_{\square c} = \pm 0,8\%, \overset{o}{\square}_{\square} = \pm 0,3\ \%.$

Содержание отчета

1. Изложение задания по расчету погрешности косвенного результата измерения искомой величины.
2. Формулы для расчета систематической и случайной составляющих погрешности косвенного результата измерения искомой величины.
3. Расчет количественного значения составляющих погрешности косвенного результата измерения искомой величины.

Контрольные вопросы

1. Дать определение понятия косвенного измерения величин.
2. Как определяются погрешности косвенного измерения величин при линейных зависимостях искомой величины от непосредственно измеряемых?
3. Как определяются погрешности косвенного измерения величин при степенной зависимости искомой величины от результатов прямых измерений [4]?

Практическое занятие № 3.

Поверка средств измерений

Цель занятия: научиться осуществлять поверку средств измерений [1, 2, 3].

Краткие теоретические сведения

Поскольку функциональная зависимость между выходной величиной (сигналом) СИ и входными (измеряемыми) величинами (см. занятие № 2) со временем может изменяться, что сказывается на увеличении погрешности СИ, в практической метрологии предусматривается операция поверки.

Поверка – установление органом государственной метрологической службы пригодности СИ к применению в эксплуатации на основании экспериментальных исследований его погрешности и сравнение ее размеров с установленными (нормированными) погрешностями для этого СИ [5].

Методические указания и пример поверки термометра электрического сопротивления

Рассмотрим пример поверки термометра электрического сопротивления (ТЭС), который под воздействием температуры изменяет на выходе значение активного сопротивления R в Омах.

В табл. 3.1 приведены результаты экспериментальных данных измерения сопротивления ТЭС $R^{ЭК}$ при температуре: 0 °С, 23 °С и 100 °С.

Таблица 3.1

Данные поверки ТЭС

Номер опыта i	T_i	$R_i^{\text{ЭК}}$	$R_i^{\text{СТ}}$	$\Delta_i = R_i^{ЭК} - R_i^{СТ}$	$\delta_i = \frac{\Delta_i * 100}{R_i^{\text{ст}}}$
	$°C$	Ом	Ом	Ом	%
1	0	102,13	100	+2,13	+2,13
2	23	111,50	109,8	+1,70	+1,55
3	100	144,73	142,6	+2,13	+1,49

Измерение сопротивления $R_{ТЭС}$ осуществлялось по правилам определения результатов косвенных измерений в соответствии с правилами, изложенными в занятии № 2 с погрешностью:

$$(-\delta_C - \overset{o}{\delta}) < \delta < (\delta_C + \overset{o}{\delta}),$$

$$(-0,01\% - 0,07\%) < \delta^{ЭК} < (0,01\% + 0,07\%).$$

Эти значения $R^{ЭК}$ сравниваются со стандартными значениями R^{CT}, которые должны иметь ТЭС с известным размером R_0 и α, характеризующими начальное сопротивление ТЭС и его температурный коэффициент электрического сопротивления, зависящий от материала ТЭС. В эксперименте в качестве ТЭС использовался медный ТЭС с R_o = 100 Ом и α = 4,26*10^{-3} 1/^{o}C.

Максимальное значение относительной погрешности при измерении T_1 = 0 ^{o}C составило $\delta_{ЭК}$ = ±2,13 %, а допускаемое значение для медного ТЭС при R_o = 100 Ом составляет δ_{CT} = ±0,5 %. Так как $\delta_{ЭК} > \delta_{CT}$, то ТЭС бракуется и не допускается к дальнейшей эксплуатации по результатам поверки.

Задание

По результатам поверки ТЭС при и T = 0 ^{o}C и T = 100 ^{o}C, экспериментальные данные которой приведены в табл. 3.2, оценить пригодность ТЭС к дальнейшей эксплуатации, если $\square^{CT} = \pm 0,5$ %.

Таблица 3.2

Экспериментальные данные

Значение сопротивления	Единицы измерения	Вариант **1**	Вариант **2**	Вариант **3**	Вариант **4**	Вариант **5**
R_0 при T=0 ^{o}C	Ом	102,98	103,17	10,35	47,28	51,42
R_{100} при T=100 ^{o}C	Ом	146,01	141,79	14,30	65,05	76,71
R_0 при T=0 ^{o}C	Ом	100,00	100,00	10,00	46,00	53,00
R_{100} при T=100 ^{o}C	Ом	142,60	139,10	13,90	63,99	75,58

Содержание отчета

1. Экспериментальные данные по форме табл. 3.1.
2. Результаты расчетов погрешностей ТЭС.
3. Выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Дать определение понятия «поверка СИ».
2. Сравнить операции «поверки СИ» и «калибровки СИ».
3. По какому правилу не допускают СИ для дальнейшей эксплуатации?

Практическое занятие № 4.

Обработка результатов прямых однократных измерений

Цель занятия: приобретение студентами навыков обработки результатов прямых однократных измерений (оценивания погрешностей и неопределенности результата измерений) [7].

Краткие теоретические сведения

Прямые однократные измерения являются самыми массовыми. Они проводятся, если при измерении происходит разрушение объекта измерения, отсутствует возможность повторных измерений, существует экономическая целесообразность. Прямые однократные измерения возможны лишь при определенных условиях:

- достаточный объем априорной информации об объекте измерения, чтобы определение измеряемой величины не вызывало сомнений;
- изученный метод измерения, его погрешность либо заранее устранена, либо оценена;
- исправные средства измерений, а их метрологические характеристики соответствуют установленным нормам.

За результат прямого однократного измерения принимается значение величины, полученное при измерении. До измерения должна быть проведена априорная оценка составляющих погрешности. При определении доверительных границ погрешности результата измерений доверительная вероятность принимается, как правило, равной 0,95.

Методика обработки результатов прямых однократных измерений приведена в рекомендациях [7]. Данная методика применима при выполнении следующих условий: составляющие погрешности известны; известные систематические погрешности исключены (внесены поправки на все известные источники неопределенности, имеющие систематический характер); распределение случайных погрешностей не противоречит нормальному распределению, а неисключенные систематические погрешности, представленные заданными границами $\pm\Theta$, распределены равномерно.

Составляющими погрешности прямых однократных измерений являются:

- погрешности средства измерений (СИ), рассчитываемые по их метрологическим характеристикам;
- погрешность используемого метода измерений;
- погрешность оператора.

Названные составляющие могут состоять из неисключенных систематических и случайных погрешностей. При наличии нескольких систематических погрешностей доверительная граница результата измерения рассчитывается по формуле:

$$\Theta(P) = k_1 \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \Theta_i^2},$$

где k_1 – коэффициент, зависящий от P:
$k_1 = 0{,}95$, при $P = 0{,}9$; $k_1 = 1{,}1$, при $P = 0{,}95$; $k_1 = 1{,}45$, при $P = 0{,}99$.

Случайные составляющие погрешности результата измерения выражаются либо СКО S_x, либо доверительными границами. В первом случае доверительная граница случайной составляющей погрешности результата прямого однократного измерения определяется через его СКО:

$$\square(P) = z_p S_x,$$

где z_p – точка нормированной функции Лапласа при вероятности P.

Если средние квадратические отклонения определены экспериментально при небольшом числе измерений ($n < 30$), то в данной формуле вместо коэффициента z_p следует использовать коэффициент Стьюдента, соответствующий наименьшему числу измерений.

Найденные значения $\Theta(P)$ и $\square(P)$ используются для оценки погрешности результата прямого однократного измерения. Суммарная погрешность результата измерения $D(P)$ определяется в зависимости от соотношения $\Theta(P)$ и S_X.

Если $\dfrac{\Theta(P)}{S_X} < 0{,}8$, то $D(P) = \square(P)$.

Если $\dfrac{\square(P)}{S_X} > 8$, то $D(P) = \Theta(P)$.

Если $0{,}8 \le \dfrac{\square(P)}{S_X} \le 8$, то $D(P) = k_2\left[\Theta(P) + \square(P)\right]$,

где k_2 – коэффициент, зависящий от P: $k_2 = 0{,}76$ при $P = 0{,}95$; $k_2 = 0{,}83$ при $P = 0{,}99$.

На этапе перехода от теории погрешностей к теории неопределенностей в соответствии с [7] наряду с оценкой погрешности необходимо также оценить неопределенность результата измерений.

Напомним, что под *неопределенностью* измерений, согласно [8], понимают *параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.*

Оценке подлежит стандартная неопределенность результата измерений [u]. Для получения конечного результата необходимо вначале оценить неопределенность по типу А, а затем неопределенность по типу В.

Стандартную неопределенность по типу А (u_A) вычисляют по формуле:

$$u_{\text{A}} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}$$

или задают априори в качестве оценки среднего квадратического отклонения результата однократного измерения (S_X).

Стандартную неопределенность по типу В (u_{B}) вычисляют по формуле:

$$u_{\text{B}} = \frac{\Theta(P)}{\sqrt{3}}.$$

Суммарная стандартная неопределенность u_{C} равна положительному квадратному корню из суммы дисперсий:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}.$$

Пример

При однократном измерении физической величины получено показание средства измерения X = 10. Определить, чему равно значение измеряемой величины, если экспериментатор обладает следующей априорной информацией о средстве измерений и условиях выполнения измерений: класс точности средства измерений 4,0; пределы измерений 0…50; значение аддитивной поправки $\Theta(P)_a$ = 0,5; СКО S_X = 0,1; P =0,95.

Решение

1. Оцениваем погрешность результата измерения.

1.1. Анализируем имеющуюся априорную информацию: класс точности средства измерения, аддитивная поправка, СКО.

1.2. При измерении получено значение: X = 10.

1.3. За пределы неисключенной систематической погрешности принимаем пределы наибольшей абсолютной погрешности прибора, которые находим

$$\Delta = \pm \frac{X_N \cdot \square}{100} = \pm \frac{50 \cdot 4{,}0}{100} = \pm 2,$$

где X_N – нормирующее значение, в данном случае равное диапазону измерения средства измерения X_N = 50; γ– нормируемый предел допускаемой приведенной погрешности, которая определяется из класса точности средства измерения γ = 4,0 %.

Таким образом, $\Theta(P)$ = ±2.

1.4. Находим границы случайной составляющей погрешности измерения

$$\varepsilon(P) = t_p S_x = 12{,}7 \cdot 0{,}1 = 1{,}27,$$

где t_p – коэффициент Стьюдента при минимальном числе измерений.

1.5. Определяем суммарную погрешность результата измерения. Так как $\Theta > 8 \cdot S_x$, то за границы суммарной погрешности принимаем границы неисключенной систематической погрешности.

1.6. Вносим в результат измерения поправку:

$$X_{\text{испр}} = X + (-\Theta\,(\text{P})_\text{a}) = 9 - 0{,}5 = 8{,}5.$$

1.7. Записываем результат измерения: $X_{\text{испр}} \pm \text{D(P)}$, при P=0,95

$$8{,}5 \pm 2, \text{ при } P=0{,}95.$$

2. Оцениваем неопределенность результата измерений.

2.1. Стандартная неопределенность по типу А задана априори в виде оценки среднего квадратического отклонения результата однократного измерения (S_x). По условию задачи СКО $S_x = 0{,}1$, т.е. $u_\text{A} = \pm 0{,}1$.

2.2. Вычисляем стандартную неопределенность по типу В:

$$u_B = \frac{\Theta(P)}{\sqrt{3}} = \frac{2}{1{,}73} \approx 1{,}16.$$

2.3. Вычисляем суммарную стандартную неопределенность:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0{,}1^2 + 1{,}16^2} = \sqrt{0{,}01 + 1{,}35} \approx 1{,}2.$$

Задание

Определить, чему равно значение измеряемой величины при однократном измерении. Произвести оценку погрешности и неопределенности результата однократных измерений. Исходные данные приведены в табл.4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Показания прибора	15	25	31	24	27	85	68	59	35	45	64	86	28	55
Пределы измерения	0..50	0..50	0..40	0..60	0..30	0..100	0..80	0..70	0..50	0..60	0..90	0..90	0..30	0..60
Класс точности	4	5	0,2	0,5	1	2	0,4	1,5	4	0,2	0,5	0,4	0,5	1
Аддитивная поправка	-0,5	0,5	0,2	0,5	0,1	-0,5	-0,2	-0,6	0,4	-0,5	0,2	-0,2	-0,1	0,2

Окончание табл.4.1

Вариант	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Показания прибора	52	12	8	4	7	5	75	19	45	5	14	26	18	5
Пределы измерения	0..50	0..50	0..20	0..10	0..10	0..10	0..80	0..50	0..50	0..40	0..20	0..50	0..30	0..20
Класс точности	2	5	0,5	0,1	1	0,2	0,4	1	5	0,2	0,4	2	0,2	1
Аддитивная поправка	-0,5	0,5	0,2	0,1	0,1	-0,1	-0,5	-0,6	0,4	-0,1	0,2	-0,5	-0,2	0,1

Содержание отчета

1. Исходные данные к задаче, согласно варианту.
2. Формулы и результаты расчетов: пределов неисключенной систематической погрешности; границ случайной составляющей погрешности измерения; суммарной погрешности результата измерения; оценки неопределенности результата измерений.
3. Запись результата измерений в принятой форме.

Контрольные вопросы

1. Условия, при которых используются прямые однократные измерения?
2. Что принимается за результат прямого однократного измерения?
3. Назовите условия, при которых применима данная методика.
4. Назовите составляющие погрешности прямых однократных измерений.
5. Дайте определение неисключенной систематической погрешности результата измерений.
6. Дайте определение случайной погрешности результата измерений.
7. Дайте определение неопределенности измерений.
8. Как найти стандартную неопределенность по типу А?
9. Как найти стандартную неопределенность по типу В?

Практическое занятие № 5.

Обработка данных при прямых многократных измерениях

Цель занятия: научиться определять результаты измерения и погрешности результатов измерений при многократных прямых измерениях [4, 6].

Краткие теоретические сведения

При прямых измерениях с многократными наблюдениями ставится задача оценивания результата измерения и уточнения случайных составляющих погрешности этого результата (обмен быстродействия, затраченного времени на многократные наблюдения, на точность, т.е. уточнение неопределенности среднего значения как результата измерения).

Для обработки данных используют статистические методы, разработанные для анализа случайных величин, в виде которых выступают, как правило, малые случайные погрешности. При этом подразумевается, что производится многократное наблюдение величины, которая за период наблюдения не изменяется или ее изменения лежат в диапазоне случайного разброса.

Результатом многократного измерения является среднее арифметическое n отдельных независимых наблюдений, составляющих массив экспериментальных данных $X_1, X_2, \ldots, X_i \ldots X_n$:

$$X = X_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}.$$

Приведенное $X_{ср}$ является оценкой среднего значения результата измерения, так как точного знания этого результата измерения получить невозможно из-за ограниченного объема экспериментальных данных.

Дисперсия среднего арифметического значения составит

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = д\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i\right] = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n} д[X_i] = \frac{n\sigma_X^2}{n^2} = \frac{\sigma_X^2}{n},$$

т.е. в n раз меньше дисперсии каждого из результатов измерения. Иначе СКО результата многократного измерения – его случайная составляющая погрешности – определяется зависимостью

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma_X}{\sqrt{n}},$$

что позволяет уточнить неопределенность среднего по сравнению с неопределенностью каждого наблюдения в $\sqrt{n}$ раз.

Если априори, до опыта, известны систематические составляющие погрешности, то в массив экспериментальных данных вносятся поправки ($\Delta_n = -\Delta_c$).

Поскольку кроме систематических и случайных составляющих в массиве экспериментальных данных могут наблюдаться промахи, которые представляют собой большие случайные погрешности, не принадлежащие этому ряду измерений (ошибки, описки и т. п.), то статистические методы оценивания случайных составляющих погрешностей позволяют выявить сомнительный результат измерения, содержащий промах, и исключить его из анализа (см. Задание № 6)

Рассмотрим пример обработки массива экспериментальных данных (табл. 5.1) . В таблице приведены 15 (графа 1) наблюдений при измерении температуры T_i в ^{o}C (графа 2).

Таблица 5.1

Экспериментальные данные наблюдения температуры

i	$T_i\,[C]$	$\Delta T_i = T_i - \overline{T}$	$\Delta T_i^2 \times 10^6$
1	20,42	+0,016	256
2	20,43	+0,026	676
3	20,40	–0,004	016
4	20,43	+0,026	676
5	20,42	+0,016	256
6	20,43	+0,026	676
7	20,39	–0,014	196
8	20,30	–0,104	10816
9	20,40	–0,004	016
10	20,43	+0,026	676
11	20,42	+0,016	256
12	20,41	+0,006	036
13	20,39	–0,014	196
14	20,39	–0,014	196
15	20,40	–0,004	016

Согласно априорной информации, систематических составляющих погрешностей нет, а разброс наблюдений подчиняется нормальному закону распределения вероятностей.

Тогда среднее арифметическое 15 наблюдений температуры T_i составит

$$T = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T_i = 20{,}404\,^{o}C.$$

СКО случайной составляющей погрешности для ряда наблюдений вычисляется по формуле:

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\bar{T} - T_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \sigma_{T_i}^2}{n-1}} = 0{,}033\,^{\circ}C,$$

а для среднего арифметического результата измерения

$$\sigma_{\bar{T}} = \frac{\sigma_T}{\sqrt{n}} = \frac{0{,}033}{\sqrt{15}} = \frac{0{,}033}{3{,}873} = 0{,}008\,^{\circ}C.$$

Рассчитаем оценку случайной составляющей погрешности, с учетом нормального закона распределения вероятностей разброса наблюдений и задаваясь доверительной вероятностью этой оценке $P_{\sigma} = 0{,}997 \quad (K_{P_{\sigma}} = 3)$, получим

$$\Delta_T = 3 \cdot \sigma_{\bar{T}} = K_{P_{\sigma}} \cdot \sigma_{\bar{T}} = 0{,}024^{\circ}C,$$

т. е. после округления результат измерения температуры можно представить в одном из двух вариантов:

$$T = 20{,}40\,^{\circ}C; \quad \Delta = \pm 0{,}02\,^{\circ}C; \quad P_{\sigma} = 0{,}997$$

или

$$T = (20{,}40 \pm 0{,}02)^{\circ}C; \quad P_{\sigma} = 0{,}997.$$

Задание

По экспериментальным данным (табл. 5.2) многократных наблюдений при прямом измерении постоянного тока I_i вычислить результат измерения $\bar{I}$ и его случайную составляющую погрешности Δ_i^0 при

- $P_{\sigma} = 0{,}68 \ (K_{P_{\sigma}} = 1);$
- $P_{\sigma} = 0{,}95 \ (K_{P_{\sigma}} = 2);$
- $P_{\sigma} = 0{,}997 \ (K_{P_{\sigma}} = 3).$

Таблица 5.2

Экспериментальные данные измерения постоянного тока I_i, мА

№ наблю-дения	Варианты							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
X_1	2,96	0,04	0,26	0,08	0,75	2,16	1,93	0,92
X_2	3,94	1,10	1,28	0,93	0,01	1,24	2,56	0,56
X_3	4,29	0,37	0,52	0,06	1,12	2,09	3,24	0,11
X_4	2,98	1,38	0,12	0,06	0,32	1,18	3,73	0,73
X_5	1,91	2,21	0,64	0,91	0,36	2,04	2,52	0,90
X_6	1,03	2,87	0,56	0,32	0,82	1,14	3,13	0,24
X_7	0,32	1,82	0,08	0,21	1,78	0,40	2,03	0,21
X_8	0,29	2,57	0,60	0,30	2,57	0,21	1,13	0,98
X_9	0,37	1,22	0,49	0,10	1,22	2,49	1,87	0,73
X_{10}	0,21	2,11	0,23	0,52	2,11	1,43	1,49	0,49
X_{11}	0,77	3,17	1,03	0,59	1,50	0,91	1,99	0,97
X_{12}	0,44	2,06	1,38	0,48	2,34	1,82	1,10	0,96
X_{13}	1,44	1,15	1,67	0,56	3,03	2,56	0,36	0,04
X_{14}	0,65	2,01	1,90	0,59	1,87	1,57	1,36	0,85
X_{15}	0,02	2,72	2,10	0,41	0,92	0,76	2,18	0,75
X_{16}	1,07	1,70	0,65	0,45	0,14	0,09	2,86	0,84
X_{17}	1,94	0,85	1,06	0,24	1,24	0,47	1,82	0,60
X_{18}	1,06	0,17	0,20	0,52	0,41	0,69	0,96	0,30
X_{19}	0,45	0,96	0,36	0,33	0,96	1,59	0,43	0,20
X_{20}	0,24	1,90	0,93	0,14	1,90	0,70	1,44	0,87

Содержание отчета

1. Таблица по форме табл. 5.1. Расчет значения результата измерения и его случайной составляющей погрешности.
2. Выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Дать определения систематической и случайной составляющих погрешности и промахов.
2. Какой метод используют для определения результата измерения и его случайной составляющей погрешности при прямых многократных измерениях?
3. От каких критериев зависит размер оценки случайной составляющей погрешности?

Практическое занятие № 6.

Обнаружение и исключение промахов из прямых наблюдений при многократных измерениях

Цель занятия: научиться определять результаты измерений и погрешности результатов измерений при многократных прямых измерениях без промахов [4, 6].

Краткие теоретические сведения

В рядах прямых многократных измерений выделяют систематические, случайные составляющие погрешности и промахи.

Под промахами понимают большие (грубые) случайные погрешности, результаты измерения с которыми не принадлежат рассматриваемому ряду измерений.

Задачей изучения промахов является их обнаружение для исключения результата измерения, содержащего промах, из рассмотрения конкретных данных прямых многократных измерений.

Существует ряд способов для обнаружения промахов.

Во-первых, если наблюдения прямых многократных измерений подчиняются нормальному закону распределения вероятности, то все случайные значения данных X_i с доверительной вероятностью $P_a = 0{,}997$ концентрируются в окрестностях среднего значения $\overline{X} \pm 3\square$ (см. задания № 3, 5). В этом случае считается, что результат наблюдения с вероятностью $P_{промах} \le 0{,}003$ маловероятен и его отклонение за интервал $\left(\overline{X} - 3\square; \overline{X} + 3\square\right)$ или $(\overline{X} - X_{промах}) \ge 3\square$ с большой уверенностью можно рассматривать как промах.

После этого наблюдение, содержащее промах, исключается из рассмотрения, и значения $\overline{X}$ и $\square$ рассчитываются заново.

Во-вторых, если число наблюдений невелико $(n \le 10)$, то можно воспользоваться критерием Шовине для обнаружения промаха в ряду прямых многократных измерений. В этом случае промахом отягощено наблюдение $X_{пром}$, если разность $\left|\overline{X} - X_{пром}\right|$ принимает значения, приведенные ниже в зависимости от числа наблюдений:

$$\left|\overline{X} - X_{пром}\right| > \begin{cases} 1{,}6*\sigma \text{ при } n = 3 \\ 1{,}7*\sigma \text{ при } n = 6 \\ 1{,}9*\sigma \text{ при } n = 8 \\ 2{,}0*\sigma \text{ при } n = 10 \end{cases}$$

Рассмотрим пример, в котором согласно априорной информации наблюдения за температурой, $T_i\left[^{o}C\right]$ (занятие № 5) подчиняется нормальному закону распределения вероятностей, и данные сведены в табл.5.1. Проанализируем эти данные с точки зрения наличия в них промахов.

Среднее арифметическое 15 наблюдений температуры

$$T = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T_i = \frac{1}{15}\sum_{1}^{15} T_i = 20,404\ ^{o}C.$$

СКО случайной составляющей погрешности для ряда наблюдений вычисляется по формуле

$$\square_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\overline{T} - T_i\right)^2}{n-1}} = 0,033\ ^{o}C.$$

С доверительной вероятностью $P_a = 0{,}997$ все результаты наблюдений должны лежать в интервале

$$(\overline{T} \pm 3\square) = (20,404 \pm 0,099)^{o}C$$

или

$$(\overline{T} - T_{пром}) \geq 3\square;$$

$$(20,404 - T_{пром}) \geq 0,099\ ^{o}C.$$

Как следует из анализа данных 15 наблюдений температуры во 2-й графе больше чем на $3\sigma = 0{,}099$ от среднего значения отличается $T_8 = T_{пром}$. Следовательно, его можно считать промахом, и результат наблюдения T_8 исключить из анализа.

Без T_8 новое среднее арифметическое значение $\overline{T} = 20,411\ ^{o}C$, а СКО составит

$$\square_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{14}(\square T_i)^2}{14-1}} = 0,016\ ^{o}C.$$

Ни одно из оставшихся 14 значений $T_i^{"}$ не отличается от среднего арифметического больше, чем на $3\sigma = 0{,}048\ ^{o}C$, следовательно, в этом ряду наблюдений нет промахов.

Задание

При обработке экспериментального ряда наблюдений (N=20) по табл.6.1 определить двумя способами наличие промахов в заданном ряду.

Таблица 6.1

Экспериментальные данные значений постоянного тока I_i , мА

№ наблюдения	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
X_1	0,81	0,40	0,77	0,70	0,73	0,61	1,82	0,43
X_2	0,06	0,55	0,44	0,18	0,57	0,83	2,57	0,20
X_3	1,15	0,40	1,44	0,48	0,53	0,88	3,18	0,19
X_4	2,06	0,21	0,65	0,51	0,35	0,75	3,67	0,36
X_5	2,80	0,66	0,02	0,73	0,92	0,75	2,47	0,78
X_6	1,69	0,25	1,07	0,21	0,68	0,75	3,09	0,92
X_7	2,49	0,83	1,94	0,46	0,44	0,13	2,00	0,48
X_8	1,43	0,68	1,06	0,12	0,35	0,04	2,71	0,24
X_9	0,37	0,78	0,30	0,89	0,18	0,31	2,34	0,52
X_{10}	0,91	0,91	0,10	0,61	0,41	0,93	3,03	0,18
X_{11}	0,57	0,30	1,93	0,85	0,16	0,96	1,69	0,12
X_{12}	1,57	0,80	2,65	0,04	0,38	0,59	2,46	0,24
X_{13}	2,40	0,63	3,24	0,09	0,74	0,82	3,09	0,02
X_{14}	3,08	0,18	3,73	0,11	0,38	0,04	2,00	0,66
X_{15}	1,92	0,64	2,52	0,20	0,61	0,65	1,10	0,41
X_{16}	2,68	0,94	3,13	0,01	0,06	0,42	0,36	0,58
X_{17}	1,59	0,80	2,03	0,58	0,22	0,95	0,24	0,38
X_{18}	0,70	0,57	1,13	0,04	0,68	0,75	0,73	0,34
X_{19}	0,59	0,71	0,52	0,56	0,63	0,78	1,44	0,33
X_{20}	0,41	0,41	0,33	0,41	0,48	0,48	1,27	0,31

Содержание отчета

1. Таблица экспериментальных данных по форме табл.5.1 занятия № 5.
2. Результаты определения промахов.
3. Исключение значения наблюдения из рассмотрения, как содержащего промах.
4. Проверка наличия промахов в новом ряду данных.
5. Выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Дать определение промаха.
2. Изложить способ обнаружения промахов при достаточной статистической выборке.
3. Изложить способ обнаружения промахов при малом числе наблюдений.

Практическое занятие № 7.

Оценка погрешностей результатов однократных измерений с помощью технических средств измерений

Цель занятия: научиться определять результат измерения и погрешности результата измерения при однократных прямых измерениях [4, 6].

Краткие теоретические сведения

Как известно, средства измерений имеют нормированные метрологические характеристики, которые представляют количественные значения основной (в нормальных или номинальных условиях эксплуатации) и дополнительных (при отклонении внешних влияющих величин от номинальных или нормальных значений) погрешностей согласно ГОСТ 8.401-80 (табл. 7.1).

При расчете погрешностей результатов однократных измерений, произведенных с помощью таких СИ, необходимо определить их размер в абсолютной или, что лучше, в относительной форме.

1. Если предел допускаемых основных погрешностей конкретного СИ пронормирован абсолютным значением погрешности по одночленной (a=const) или двухчленной (a=const и b=const) форме, то относительное значение погрешности в результате измерения величины X определяется по формулам

$$\delta = \pm \frac{a}{X} \cdot 100, \%$$

или

$$\delta = \pm \frac{(a + bX)}{X} \cdot 100 = \pm \left(\frac{a}{X} + b \right) \cdot 100, \%.$$

где X – результат измерения.

2. Если предел допускаемых основных погрешностей СИ пронормирован значением приведенной погрешности $(\delta = \pm p = \text{const})$, то абсолютный размер погрешности результата измерения X составит:

$$\Delta = \pm \frac{\delta \cdot X_N}{100},$$

где X_N – нормированное значение, известное для СИ (в общем случае $X_N = X_{max} - X_{min}$ в алгебраическом смысле), а относительная величина погрешности

$$\delta = \frac{\Delta \cdot 100}{X} = \frac{\delta \cdot X_N}{X}, \%.$$

3. Если предел допускаемых основных погрешностей конкретного СИ нормирован по значению относительной погрешности по одночленной (q = const) или двухчленной (c = const; d = const) зависимости, то относительный размер погрешности результата измерения определяется по зависимостям: в первом случае

$$\square = \pm q, \%,$$

а во втором случае

$$\square = \pm \left[c + d \left| \frac{X_K}{X} - 1 \right| \right], \%,$$

где X_K – конечное значение измеряемой величины на шкале прибора.

Абсолютная погрешность результата измерения при одночленной форме выражения для относительной погрешности составит

$$\Delta = \pm \frac{\square \cdot X}{100},$$

а при двухчленной форме определяется по выражению

$$\Delta = \pm \frac{1}{100} \left[d \cdot X_K + (c - d) \cdot X \right]. .$$

При этом необходимо подчеркнуть, что в приведенных формулах следует обратить внимание на зависимость Δ или δ от измеряемых величин, что подтверждает необходимость вычислять погрешности результатов измерений независимо от обозначенных на СИ классах точности.

Кроме основной погрешности, следует оценивать дополнительную погрешность. Во-первых, она определяется по известным условиям эксплуатации СИ и нормативам воздействия внешних влияющих величин, полученным из паспортных данных. Дополнительная абсолютная погрешность от каждой j-й внешней влияющей величины вычисляется отдельно:

$$\Delta_j = \psi_j (\xi_{jэкс} - \xi_{jном}),$$

где ψ_j - функция влияния j – й внешней влияющей величины; $\xi_{jэкс}$ – значение j-й внешней влияющей величины при эксплуатации СИ; $\xi_{jном}$ – номинальное значение j-й внешней влияющей величины.

Во-вторых, дополнительные погрешности от воздействия j-й внешних влияющих величин могут задаваться пределами своего изменения $\pm \Delta_j$ для диапазона вариации внешних влияющих величин.

Тогда абсолютная погрешность результата измерения в реальных условиях эксплуатации составит

$$\Delta_p = \Delta + \sum_{j=1}^{m} \Delta_j ,$$

где Δ – основная погрешность СИ; m – число внешних влияющих величин, для которых в паспорте приведены функции влияния ψ_j.

Относительная погрешность результата измерения в реальных условиях эксплуатации определяется по формуле

$$\delta_p = \pm \frac{\Delta_p * 100}{X}, \% .$$

Таким образом, результат измерения имеет неопределенность в диапазоне наименованных значений $X - \Delta_р < X_{рез.изм} < X + \Delta_р$ или в относительной форме $X_{рез.изм} = X \pm \delta_р$.

Пример

Осуществлено измерение давления манометром типа «Метран – 100 ДИ». Результат измерения P_u = 0,4 МПа на шкале от 0 до 5 МПа. Класс точности 1,0, т.е. приведенная погрешность $\gamma = \pm 1$ %. Дополнительная погрешность от изменения температуры $\psi_{\Delta T} = \pm 0{,}5$ %/ ±10 °С. Измерение давления осуществлялось при $T_{экс} = 5$ °С.

Вычислим абсолютную основную погрешность для измерения P_u=4 МПа по формуле:

$$\Delta_o = \pm \frac{\gamma \cdot P_N}{100},$$

где $\gamma = \pm 1$ %, $P_N = P_{max} = 5$ МПа, т.е. $\Delta_o = \pm (0{,}01*5) = \pm 0{,}05$ МПа.

Относительная основная погрешность измерения для P_u=4 МПа составит

$$\delta_o = \pm \frac{\Delta_o * 100}{P_u} = \pm \frac{0{,}05 * 100}{4} = \pm 1{,}25\%.$$

Дополнительная погрешность от температуры равна

$$\Delta\delta_T = \psi_T [T_{экс} - T_{ном(min)}] = \psi_T \Delta T_{экс},$$

где $T_{экс}$ – температура при измерении давления, $T_{ном} = T_{max} + T_{min}$, что по ГОСТ 8.401-80 составляет (20 ± 5) °С, т.е. $T_{ном(min)}$ = 15 °С, так как номинальная температура меняется от 15 до 25 °С.

Тогда $\Delta T_{экс}$ = (5– 15) °С = – 10 °С и $\Delta\delta_T = \pm 0{,}5$ %(–10 °С)/ 10 °С = ±0,5 %.

В реальных условиях эксплуатации манометра измерение P_u=4 МПа осуществляется с погрешностью $\delta_Р = \delta_0 + \Delta\delta_T = \pm (1{,}25 + 0{,}5)$ % = ± 1,75 %.

Задание

Рассчитать реальную погрешность измерения физической величины, если известны пределы измерения, класс точности средства измерений, его дополнительные погрешности и значение результата измерения (табл. 7.2), обозначение классов точности СИ приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Классы точности СИ

Вид погрешности	**Обозначение класса точности**		**СИ, рекомендуемые к обозначению таким способом**
	в нормативном документе	**на средстве измерений**	
Абсолютная (в виде буквы латинского алфавита)	класс точности N	N	Меры
Относительная	класс точности 0,5	0,5	Мосты, счетчики, делители, измерительные трансформаторы
	класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01	Цифровые СИ, магазины сопротивлений
Приведенная	класс точности 1,5	1,5	Аналоговые СИ; если X_N – в единицах величины
	класс точности 0,5		Омметры; если X_N определяется длиной шкалы или ее части

Содержание отчета

1. Привести исходные данные для расчета погрешности результата измерения конкретным средством измерений.
2. Привести последовательность расчета реальной погрешности средств измерения в виде формул и числовых значений в соответствии с принятыми обозначениями.
3. Выводы о проделанных вычислениях.

Контрольные вопросы

1. Перечислить правила нормирования погрешностей средств измерений.
2. Дать определение нормированного значения для расчета приведенной погрешности.
3. Перечислить правила нормирования дополнительных погрешностей.

Таблица 7.2

Исходные данные для расчета погрешностей результатов измерений

Физические величины	T, ^{o}C	P, **МПа**	F, $\frac{м^3}{ч}$	L, **м**	T, ^{o}C	P, **МПа**	F, $\frac{м^3}{ч}$	L, **м**	C, $\frac{г}{см^3}$
Пределы измерения	0 ÷700	0 ÷1	0 ÷70	0 ÷ 10	0 ÷ 400	0 ÷ 5	0 ÷120	0 ÷5	0 ÷60
Результат измерения	600	0,8	50	8	200	1	100	3	45
Класс точности	0,5	1,0	$1,0 / 0,5$	$\Delta = \pm 0,05$	$0,5 / 0,5$	1,0	0,6	1,5	$\Delta = \pm 0,7$
Дополнительная погрешность	$\Psi_T = \frac{\pm 0,5\%}{\pm 10^{o}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,1\%}{\pm 10^{o}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,2\%}{\pm 2^{o}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,3\%}{\pm 5^{o}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,1\%}{\pm 5^{o}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,2\%}{\pm 10^{o}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,3\%}{\pm 2^{o}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,4\%}{\pm 5^{o}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,5\%}{\pm 10^{o}C}$

I. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Практическое занятие № 8.

Определение подлинности товара по штрих- коду международного стандарта EAN

Цель занятия: изучить методику международного стандарта EAN и научиться определять подлинность товара по тринадцатиразрядному штрих-коду.

Краткие теоретические сведения

С 1 января 1998 г. Россия стала участницей Международной конвенции «О гармонизированной системе описания и кодирования товаров», что позволило представлять наши товары на мировом рынке, использовать кодирование в транспортных тарифах и статистике грузоперевозок, детализировать таможенные процедуры при электронных расчетах между партнерами. Гармонизированная система действует согласованно со стандартной международной классификацией ООН.

Введены основные Правила классификации гармонизированной системы описания и кодирования товаров – номенклатура гармонизированной системы, которая используется нашей страной во внешнеторговой деятельности. Эта система была подготовлена сотрудниками более 59 стран, а также сотрудниками ГАТТ (Генеральное соглашение по тарифам и торговле), международной торговой палатой МТП, международной организацией по стандартизации (ИСО) и стала стандартной международной классификацией ООН.

В основу системы кодирования товаров положены штрих-коды, используемые для автоматизации товародвижения. Наиболее широко распространен тринадцатиразрядный код EAN-13, разработанный в 1976 г. на базе кода UPC (Universal Product Code). Суть технологии состоит в нанесении метки в виде последовательности линий, заменяющих вместе с пробелами между линиями числовые значения. Считывание информации со штрих-кода производится оптическими автоматами (сканерами).

К достоинствам применения штрих-кодовой идентификации можно отнести следующие:

- снижение бумажного документооборота и количества ошибок;
- повышение скорости обработки;
- автоматизация товародвижения.

Основными недостатками штрих-кодовой идентификации являются следующие:

- данные идентификационной метки не могут дополняться – штриховой код записывается только один раз при его печати;
- небольшой объем данных (обычно не более 50 байт);
- данные на метку заносятся медленно, так как наклеивание липкой этикетки со штрих-кодом часто выполняется вручную;

– данные на метке представлены в открытом виде и не защищают товары от подделок и краж;
– штрих-кодовые метки недолговечны, так как не защищены от пыли, сырости, грязи, механических воздействий.

В настоящее время штрих-кодовая идентификация начинает вытесняться технологией радиочастотной идентификации.

Штрих-код EAN-13 – это набор из 13 цифр и их зашифрованное обозначение в форме чередующихся черных и белых тонких полосок.

Этот стандарт штрих-кодирования был разработан международной организацией товарной нумерации GS1, чьим представительством в России является «Ассоциация автоматической идентификации UNISCAN / GS1 Russia».

Комбинация цифр в штрих-коде EAN-13 является уникальной, т.е. идентичной комбинации из 13-ти цифр не найдется ни в одной стране мира. Это обусловлено тем, что каждой стране – члену GS1 – были присвоены определенные комбинации из двух (иногда трех) цифр, обозначающие эту страну (Приложение 8.1). Так, например, России был выделен диапазон 460-469, но на данном этапе для маркировки товаров в России используется лишь 460.

Пример штрих-кода приведен на рис.8.1.

Рис.8.1. Штрих-код товара

Первые две (иногда три) цифры определяют страну происхождения товара, т.е. это код страны-изготовителя или продавца. В нашем случае 460 – это код России. Следующие за ними 4 или 5 цифр (в зависимости от длины кода страны) являются уникальным кодом производителя товара. Это код предприятия-изготовителя или продавца. В штрих-коде, приведенном на рис.8.1, – это код 6453. Этот производитель обязательно должен быть зарегистрированным в национальном представительстве GS1, чтобы получить право использовать штрих-код с таким номером.

Следующие пять цифр обозначают код товара в списке производителя. Причем, первая цифра – наименование товара, вторая цифра – потребительские свойства, третья цифра – размеры или массу, четвертая цифра – ингредиенты, пятая цифра – цвет.

Это вся информация, которую может сообщить штрих-код стандарта EAN-13. Но это всего двенадцать цифр. Последняя, тринадцатая, цифра в штрих-коде – это контрольная цифра, используемая для проверки правильности считывания штрихов сканером. Она является своего рода знаком качества

данного штрих-кода, так как она сообщает сканеру штрих-кода о том, что данный код является подлинным.

Иногда справа на штрих-коде указывается еще одна цифра или специальный знак « > ». Это означает, что товар выпущен по лицензии.

Следует обратить внимание потребителей на то, что код страны никогда не состоит из одной цифры. Иногда код, нанесенный на этикетку, не соответствует стране-изготовителю, заявленной на упаковке, тут причин может быть несколько. Первая: фирма была зарегистрирована и получила код не в своей стране, а в той, куда направлен основной экспорт ее продукции. Вторая: товар был изготовлен на дочернем предприятии. Третья: возможно, товар был изготовлен в одной стране, но по лицензии фирмы из другой страны. Четвертая: когда учредителями предприятия становятся несколько фирм из различных государств.

Методические указания и пример определения подлинности штрих-кода

Для проведения оценки подлинности штрих-кода, представленного на рис.8.1, можно воспользоваться одним из существующих двух методов.

Метод первый:

1. Двигаясь **справа налево**, необходимо суммировать все цифры на четных позициях:

$$7 + 9 + 8 + 5 + 6 + 6 = 4.$$

2. Затем нужно умножить полученный результат на 3:

$$41 \times 3 = 123.$$

3. Далее необходимо суммировать цифры на нечетных позициях. Начинать нужно с третьей по счету цифре:

$$0 + 4 + 3 + 4 + 0 + 4 = 15.$$

4. Затем нужно суммировать результаты, полученные в пунктах **2** и **3**:

$$123 + 15 = 138.$$

5. Необходимо округлить полученный результат в большую сторону до ближайшего кратного десяти. В нашем случае – это 140.

6. Затем из этого числа необходимо вычесть сумму, полученную при вычислениях в пункте **4**:

$$140 - 138 = \mathbf{2.}$$

Полученный результат соответствует контрольной (последней) цифре штрих-кода, что говорит о подлинности товара.

Метод второй:

1. Необходимо суммировать все цифры на четных позициях, двигаясь **слева направо**:

$$6 + 6 + 5 + 8 + 9 + 7 = 41.$$

2. Затем нужно умножить полученный результат на 3:

$$41 \times 3 = 123.$$

3. Далее необходимо суммировать цифры на нечетных позициях без учета контрольной цифры:

$$4 + 0 + 4 + 3 + 4 + 0 = 15.$$

4. Затем нужно суммировать результаты, полученные в пунктах **2** и **3**:

$$123 + 15 = 138.$$

5. От полученной суммы нужно оставить только число единиц. В нашем случае это **8**.

6. Затем это число необходимо вычесть из **10**:

$$10 - 8 = \mathbf{2}.$$

Полученный результат соответствует контрольной цифре штрих-кода, что говорит о подлинности товара.

Таким образом, сканеры штрих-кода очень быстро проверяют себя. В случае, если контрольная цифра не совпадает с результатом этих вычислений, то штрих-код не верен.

Задание

Определить страну происхождения товара и подлинность штрих-кодов, выданных преподавателем.

Содержание отчета

1. Эскиз штрих кода.
2. Необходимые расчеты.
3. Выводы по результатам расчетов.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают штрих-коды международного стандарта EAN?
2. Что означают первые две цифры штрих-кода?
3. Что означает тринадцатая цифра штрих-кода?
4. Если на штрих-коде присутствует знак « > », что это означает?

ПРИЛОЖЕНИЕ 8.1

Штрих- коды некоторых стран

Код EAN	Страна	Код EAN	Страна	Код EAN	Страна
000-139	США, Канада	539	Ирландия	850	Куба
300-379	Франция	540-549	Бельгия и Люксембург	858	Словакия
380	Болгария	560	Португалия	859	Чехия
383	Словения	569	Исландия	860	Сербия и Черногория
385	Хорватия	570-579	Дания	865	Монголия
400-440	Германия	590	Польша	867	Северная Корея
450-499	Япония	599	Венгрия	869	Турция
460-469	Россия	600-601	Южная Африка	870-879	Нидерланды
471	Тайвань	640-649	Финляндия	880	Южная Корея
474	Эстония	690-695	Китай	885	Таиланд
475	Латвия	700-709	Норвегия	888	Сингапур
477	Литва	729	Израиль	890	Индия
481	Беларусь	730-739	Швеция	893	Вьетнам
482	Украина	750	Мексика	899	Индонезия
500-509	Великобритания	760-769	Швейцария	900-919	Австрия
520	Греция	789-790	Бразилия	930-939	Австралия
529	Кипр	800-839	Италия	940-949	Новая Зеландия
535	Мальта	840-849	Испания	955	Малайзия

Практическое занятие № 9.

Изучение основополагающих нормативных документов по стандартизации Российской Федерации

Цель занятия: изучить основополагающие нормативные документы по вопросам стандартизации РФ и знать их отличия.

Краткие теоретические сведения

Стандартизация – это деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда [5, 9]. Цель стандартизации – достижение оптимальной степени упорядочения в той или иной области посредством широкого и многократного использования установленных положений, требований, норм для решения реально существующих, планируемых или потенциальных задач.

В процессе стандартизации вырабатываются нормы, правила, требования, характеристики, касающиеся объекта стандартизации, оформляемые в виде нормативного документа.

Руководство ИСО/МЭК рекомендует: стандарты, документы технических условий, своды правил, регламенты (технические регламенты), положения.

Стандарт – это нормативный документ, разработанный на основе консенсуса, утверждённый признанным органом, направленный на достижение оптимальной степени упорядочения в определённой области [6]. В стандарте устанавливаются для всеобщего и многократного использования общие принципы, правила, характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов. Стандарт должен быть основан на обобщённых результатах научных исследований, технических достижений и практического опыта, тогда его использование принесёт оптимальную выгоду для общества.

Рассмотрим разновидности нормативных документов, которые рекомендуются руководством ИСО/МЭК, а также принятых в государственной системе стандартизации РФ.

Методические указания

Основополагающими стандартами являются:

ГОСТ Р 1.0-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения;

ГОСТ Р 1.1-2005. Стандартизация в Российской Федерации. Технические комитеты по стандартизации. Порядок создания и деятельности;

ГОСТ Р 1.2-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены;

ГОСТ Р 1.4-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения;

ГОСТ Р 1.5-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения;

ГОСТ Р 1.7-2008. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила оформления и обозначения при разработке на основе международных стандартов;

ГОСТ Р 1.15-2009. Стандартизация в Российской Федерации. Службы стандартизации в организациях. Порядок создания и функционирования.

Принятая в Российской Федерации система стандартизации обеспечивает и поддерживает в актуальном состоянии единый технический язык, унифицированные ряды важнейших технических характеристик продукции, систему строительных норм и правил (СНИПов), типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий для общего машиностроения и строительства, систему классификации технико-экономической информации, достоверные справочные данные о свойствах материалов и веществ.

В условиях рыночных отношений стандартизация выполняет три функции: *экономическую, социальную* и *коммуникативную* [6, 9].

Экономическая функция позволяет заинтересованным сторонам получить достоверную информацию о продукции, причём в чёткой и удобной форме. При заключении договора (контракта) ссылка на стандарт заменяет описание сведений о товаре и обязывает поставщика выполнять указанные требования и подтверждать их; в области инноваций анализ международных и прогрессивных национальных стандартов позволяет узнать и систематизировать сведения о техническом уровне продукции, современных методах испытаний, технологических процессах, а также (что немаловажно) исключить дублирование: стандартизация методов испытаний позволяет получить сопоставимые характеристики продуктов, что играет большую роль в оценке уровня конкурентоспособности товара (в данном случае технической конкурентоспособности). Стандартизация технологических процессов, с одной стороны, способствует совершенствованию качества продукции, а с другой – повышению эффективности управления производством.

Однако есть и другая сторона стандартного технологического процесса – возможность сравнительной оценки конкурентоспособности предприятия на перспективу. Постоянное применение только стандартизованных технологий не может обеспечить технологический прорыв, а стало быть, и передовые позиции на мировом рынке.

Социальная функция стандартизации заключается в том, что необходимо стремиться включать в стандарты и достигать в производстве таких показателей качества объекта стандартизации, которые содействуют здравоохранению, санитарно-гигиеническим нормам, безопасности в использовании возможности экологической утилизации продукта.

Коммуникативная функция связана с достижением взаимопонимания в обществе через обмен информацией. Для этого нужны стандартизованные термины, трактовки понятий, символы, единые правила делопроизводства и т.п.

Задание

1. Ознакомиться с основными нормативными документами (ГОСТ, ГОСТ Р, ОСТ, СТП, ТУ, ИСО).
2. Уяснить нормы, правила, требования и характеристики по каждому нормативному документу.

Содержание отчета

По заданию преподавателя подготовить:

1. Общую характеристику одного или нескольких различных категорий стандартов.
2. Описать правовое обеспечение стандартов.

Контрольные вопросы

1. Что такое нормативный документ?
2. Какие стандарты являются национальными?
3. Какие стандарты являются региональными?
4. Что собой представляет ОСТ?
5. Что собой представляет стандарт?
6. Что собой представляет ТУ?
7. Что означает ИСО/МЭК?
8. Какой орган осуществляет контроль за соблюдением стандартов?
9. Предполагается ли какая-либо ответственность за несоблюдение стандартов?

Практическое занятие № 10.

Изучение порядка проведения сертификации продукции

Цель занятия: изучить порядок проведения сертификации продукции, научиться выбирать схему сертификации и заполнять необходимые документы по сертификации.

Краткие теоретические сведения

Регулирование деятельности в области сертификации и подтверждения соответствия в Российской Федерации осуществляется согласно Закону РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г.

В терминологическом разделе Закона (ст.2) сертификация и подтверждение соответствия определены следующим образом:

Сертификация – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров [6, 9].

Подтверждение соответствия – документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Таким образом, сертификация является одной из форм подтверждения соответствия объектов предъявляемым к ним требованиям. Сертификация может быть как обязательной, в смысле обязательности её проведения и проверки соответствия объектов обязательным требованиям, так и добровольной. Добровольная сертификация проводится в тех случаях, когда строгое соблюдение требований существующих стандартов или другой нормативной документации на продукцию, услуги или процессы государством не предусмотрено. Добровольной сертификации подлежит продукция, на которую отсутствуют обязательные к выполнению требования по безопасности.

Сертификат соответствия – это документ, подтверждающий соответствие объекта обязательным или необязательным требованиям [5, 9]. Бланк сертификата соответствия приведен в Приложении 10.1, а правила его заполнения – в Приложении 10.2. Сущность подтверждения соответствия состоит в выдаче заявителю документа о соответствии объекта предъявляемым к нему определённым требованиям. Подтверждение осуществляется по результатам оценки соответствия. Определение объектов подтверждения соответствия согласуется с указанными в п. 1 ст. 1 Закона РФ «О техническом регулировании» объектами технического регулирования, однако содержит указание и на иные объекты. При этом понятие этих иных объектов в законе не дано, что делает теоретически возможным применение всех форм подтверждения соответствия к любым объектам. Уяснение этого вопроса имеет не только теоретическое, но и

практическое значение. В настоящее время сертификация, являющаяся одной из форм подтверждения соответствия, применяется, например, к таким объектам, как работы по охране труда в организациях. Для этого Министерством труда и социального развития Российской Федерации создана система сертификации, из документов которой следует, что объектом сертификации является не соответствие условий труда установленным нормативам, а проведение работ по охране труда.

В системе сертификации ГОСТ Р схема сертификации — это определенный порядок действий по сертификации продукции в зависимости от вида продукции, целей сертификации и объема продукции (товара), который определяется органом по сертификации. Выбор схемы сертификации оговаривается с заявителем, так как сертификация продукции проводится, в первую очередь, по инициативе производителя или импортера продукции. Существующие схемы сертификации приведены в Приложении 10.3.

Алгоритм проведения сертификации продукции включает следующие этапы:

– подача заявки на проведение сертификации (форма заявки приведена в Приложении 10.4);
– выбор схемы сертификации и принятие решения по заявке;
– отбор образцов и их испытания;
– оценка производства (если предусмотрена схемой сертификации);
– выдача сертификата и лицензии на применение знака соответствия;
– осуществление инспекционного контроля за сертифицированной продукцией.

Задание

1. Изучить порядок проведения сертификации продукции.
2. Выбрать и обосновать схему сертификации продукции.

Содержание отчета

1. Обосновать выбранную схему сертификации продукции.
2. Представить заполненные документы на сертификацию продукции.
3. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое сертификация?
2. Что подтверждает сертификат соответствия продукции?
3. Кто осуществляет контроль за сертификацией продукции?
4. Чем отличатся добровольная сертификация от обязательной?
5. Какой орган утверждает сертификат соответствия продукции?

ПРИЛОЖЕНИЕ 10.1

Бланк сертификата соответствия продукции

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ГОССТАНДАРТ РОССИИ

(1)_____

_____

№_____

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

(2) №_____

(3) Действителен до «_____»_____20_____г.

НАСТОЯЩИЙ СЕРТИФИКАТ УДОСТОВЕРЯЕТ, ЧТО ДОЛЖНЫМ ОБРАЗОМ ИДЕНТИФИЦИРОВАННАЯ ПРОДУКЦИЯ

(4)

_____

наименование

_____

тип, вид, марка

_____

размер партии

(5) [ ]

код К-ОКП

(6) [ ]

код ТН ВЭД

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

(7) _____

_____

ИЗГОТОВИТЕЛЬ (ПРОДАВЕЦ) (8)_____

наименование

_____

адрес,

(9)

_____

документы (сертификаты, аттестаты и т. п.) о стабильности производства

М.П.

Оригинал имеет сетку желтого цвета.

Сертификат выдан на основании: (10)

Наименование испытательной лаборатории	№ протокола испытаний, дата утверждения	Регистрационный № испытательной лаборатории в Госреестре
(11)	(12)	(13)

Изготовитель (продавец) обязан обеспечить соответствие реализуемой продукции требованиям нормативных документов, на соответствие которым она была сертифицирована, испытанному образцу:

(14)_____

Место нанесения знака соответствия

(15)_____

В случае невыполнения условий, лежащих в основе выдачи сертификата, действие его отменяется органом по сертификации, выдавшим сертификат, или Госстандартом России.

М.П.

Руководитель органа, выдавшего сертификат

(16)

_____ _____

подпись инициалы, фамилия

Зарегистрирован в Государственном реестре

(17) «____»_____20____г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10.2

Правил а запол нения бланка сертификата соотве тствия продукции

В графах сертификата указываются следующие сведения.

Позиция 1. Наименование и код органа по сертификации, выдавшего сертификат, в соответствии с аттестатом аккредитации (прописными буквами) и адрес (строчными буквами). Если наименование органа не помещается в одну строку, то допускается адрес писать под обозначенной строкой. В случае, если орган использует печать организации, на базе которой он образован, после наименования органа, выдавшего сертификат, в скобках (строчными буквами) указывается наименование этой организации, адрес – под реквизитом «подпись» позиции 15. Наименование органа (организации) должно быть идентичным наименованию в печати.

Позиция 2. Регистрационный номер сертификата формируется в соответствии с правилами ведения Государственного реестра.

Позиция 3. Срок действия сертификата устанавливается органом по сертификации, выдавшим сертификат, по правилам, изложенным в порядке сертификации однородной продукции. При этом дата пишется: число – двумя арабскими цифрами, месяц – прописью, год – четырьмя арабскими цифрами.

Позиция 4. Наименование, тип, вид, марка (как правило, прописными буквами) в соответствии с нормативным документом на продукцию; номер технических условий или иного документа, устанавливающего требования к продукции: номер изделия, размер партии, при серийном производстве указать: «серийное производство»; номер накладной (договора, контракта, паспорта и т.д.) – для партии (или единичного изделия).

Позиция 5. Классификационная часть кода продукции (6 старших разрядов) по классификатору промышленной и сельскохозяйственной продукции (для отечественной продукции).

Позиция 6. 9-разрядный код продукции по классификатору товарной номенклатуры внешней экономической деятельности (заполняется обязательно для импортируемой и экспортируемой продукции). Толкование содержания позиции и определение кодов товарной номенклатуры внешне-экономической деятельности (ТН ВЭД), анализ классификационных признаков и лексических средств их выражения осуществляется органами Государственного Таможенного комитета Российской Федерации.

Позиция 7. При обязательной сертификации в первой строке указываются свойства, на соответствие которым она проводится, например: «безопасность». Во второй строке – обозначение нормативных документов, на соответствие которым проведена сертификация. Если продукция сертифицирована на соответствие всем требованиям нормативного документа (документов), первая строка текстом не дополняется.

Позиция 8. Если сертификат выдан изготовителю, указывается наименование предприятия-изготовителя. Если сертификат выдан продавцу, подчеркивается слово «продавец», указываются наименование и адрес предприятия, ко-

торому выдан данный сертификат, а также, начиная со слова «изготовитель», – наименование и адрес предприятия-изготовителя продукции. Наименования и адреса предприятий указываются в соответствии с заявкой.

Позиция 9. При наличии указывается регистрационный номер в Государственном реестре сертификата системы качества или производства со сроком действия, номер и дата акта (протокола) о проверке производства или другие документы, подтверждающие стабильность производства, например: сертификат, выданный зарубежной организацией и учтенный органом по сертификации.

Позиция 10. Строка после слов «Сертификат выдан на основании» не заполняется.

Позиции 11, 12, 13. Указываются все документы об испытаниях или сертификации, учтенные органом сертификации при выдаче сертификата, в том числе:

1. Протоколы испытаний в аккредитованной лаборатории (поз. 11, 12, 13 заполняются в соответствии с графами таблицы).
2. Протоколы испытаний в неаккредитованной испытательной лаборатории (в поз. 13 указывается наименование и дата Решения Госстандарта России о разрешении проведения испытаний в указанной лаборатории).
3. Документы, выданные органами и службами государственных органов управления: Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора, Министерства экологии и природных ресурсов Российской Федерации, Государственной ветеринарной службы Российской Федерации и другими (в поз. 11 – наименование органа, выдавшего документ, в поз. 12, 13 – реквизиты документов).
4. Документы, выданные зарубежными органами: сертификаты (протоколы испытаний) (в поз. 11 указываются наименование органа и его адрес, в поз. 12 – наименование и дата утверждения сертификата (протокола испытаний, срок действия сертификата).
5. При выдаче сертификата на основании заявления-декларации в поз. 11 и 12 указываются реквизиты заявления-декларации, а также документов, приведенных в декларации.

Позиция 14. В случае выдачи заявителю лицензии на право маркирования продукции знаком соответствия в данной позиции указывается: «Маркирование продукции производится знаком соответствия по ГОСТ Р 50460-92».

Позиция 15. Указывается место нанесения знака соответствия на изделии, таре, упаковке либо в сопроводительной документации в соответствии с порядком сертификации однородной продукции.

Позиция 16. Подпись, инициалы, фамилия руководителя органа, выдавшего сертификат, печать органа или организации, на базе которой образован орган, на обеих сторонах сертификата.

Позиция 17. Дата регистрации в Государственном реестре. Исправления, подчистки, поправки на сертификате не допускаются.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10.3

Существующие схем ы сертификации продукции

Номер схемы	Испытания	Проверка производства	Инспекционный контроль сертифицированной продукции
1	Испытания типа*	--	--
2	Испытания типа*	--	Испытание образцов, взятых у продавца
2 а	Испытания типа*	Анализ состояния производства	Испытание образцов, взятых у продавца
3	Испытания типа*	--	Испытание образцов, взятых у изготовителя
3 а	Испытания типа*	Анализ состояния производства	Испытание образцов, взятых у изготовителя, анализ состояния производства
4	Испытания типа*	--	Испытание образцов, взятых у продавца. Испытание образцов, взятых у изготовителя
4 а	Испытания типа*	Анализ состояния производства	Испытание образцов, взятых у продавца и изготовителя. Анализ состояния производства
5	Испытания типа*	Сертификация производства или системы качества	Испытание образцов, взятых у продавца и (или) изготовителя. Контроль системы качества производства
6	Рассмотрение заявки-декларации с прилагаемыми документами	Сертификация системы качества изготовителя	Контроль за стабильностью функционирования системы качества
7	Испытание партии	--	--
8	Испытания каждого образца	--	--

* Испытания продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями.

Схемы 1-8 приняты в зарубежной и международной практике и квалифицированы ИСО.

Схемы 2а, 3а и 4а – дополнительные и являются модификацией, соответственно, схем 2, 3 и 4.

Как правило, схемы 1, 6 используются для сертификации серийно выпускаемой продукции. Схема 7 применяется для сертификации отдельных партий продукции. Схема 8 используется, если изделие выпускается единичными экземплярами.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10.4

Форм а заявки на проведение сертификации пр одукции

_____
наименование органа по сертификации, адрес

ЗАЯВКА
на проведение сертификации продукции

В системе сертификации_____
наименование системы

1._____
наименование предприятия – изготовителя (далее – заявитель),

_____
код ОКП – О

Юридический адрес

_____

Телефон_____Факс_____Телекс_____

в лице руководителя_____
Ф.И.О.

Заявляет, что _____
наименование вида продукции, код ОКП

_____
выпускается серийно или партией (каждое изделие при единичном производстве)

_____, выпускаемая по _____
наименование и реквизиты

_____, соответствует требованиям_____
документации изготовителя (ТУ, стандарт)

_____
наименование и обозначение стандартов

и просит провести сертификацию данной продукции на соответствие требованиям указанных стандартов по_____
номер схемы сертификации

2. Заявитель обязуется:
выполнить все условия сертификации;
обеспечить стабильность сертифицированных характеристик продукции, маркированной знаком соответствия;
оплатить все расходы по проведению сертификации.
3. Дополнительные сведения_____

_____

Руководитель предприятия_____
подпись, инициалы, фамилия

Главный бухгалтер_____
подпись, инициалы, фамилия

Печать Дата

Практическое занятие № 11.

Изучение порядка проведения сертификации услуг

Цель занятия: изучить порядок проведения сертификации услуг и заполнения необходимых документов.

Краткие теоретические сведения

Сфера услуг представляется наиболее сложным предметом переговоров при вступления России в ВТО. Присоединение к Генеральному соглашению по торговле услугами (General Agreement on Trade in Services – ГАТС) затрагивает не только вопросы технических барьеров, но и правила перемещения физических лиц, инвестиций и иные проблемы внутреннего регулирования в этой области. Генеральное соглашение охватывает банковские и страховые услуги, операции с ценными бумагами, различные виды транспорта, телекоммуникации, строительство, туризм, образование, индустрию досуга, консультационные, медицинские услуги и пр. Присоединение России к ГАТС обеспечит для неё доступ на рынки услуг стран-участниц без какой либо дискриминации. Но в то же время участие в ГАТС обязует Россию предоставлять режим наибольшего благоприятствования на национальном рынке услуг для стран-участниц, гарантировать открытость мер регулирования, последовательное снижение торговых тарифов и др. Реализация обязательств России по ГАТС стимулирует усиление внимания к вопросам стандартизации в сфере услуг и их сертификации.

Обязательная сертификация услуг, потенциально опасных для жизни, здоровья и имущества потребителя, введена в России на основании законов:

- О техническом регулировании (от 15.12.2002 № 184-ФЗ);
- О безопасности дорожного движения (от 10.12.1995 № 196-ФЗ);
- Об основах туристкой деятельности в Российской Федерации (от 24.11.1996 № 132-ФЗ);
- О защите прав потребителей (от 07.02.1992 № 2300-1).

Объектами сертификации в сфере услуг могут быть: услуга; организация, предоставляющая услугу; персонал, выполняющий услугу; производственный процесс; система управления качеством в организации, предоставляющей услуги.

Формирование системы сертификации услуг и выбор её участников проводится в соответствии с «Правилами по проведению сертификации в РФ» (от 10.05.2000 № 26). Отметим некоторые присущие услугам особенности, влияющие на организацию их сертификации:

- объектом услуги может быть сам человек, а его имущественное право определяет невозможность проведения испытаний. Так, владелец отремонтированного автомобиля наверняка откажется от испытаний его автомобиля в дорожных условиях с соблюдением всех жестких правил проведения этой процедуры;

- непосредственный контакт исполнителя услуги и её потребителя требует оценки мастерства исполнителя с учётом этики общения и сложившихся местных предпочтений. Зачастую это требует применения социологических методов оценки;
- эксперт по оценке услуги в ряде случаев должен присутствовать при её оказании, так как предоставление услуги и её потребление могут совершаться одновременно (к примеру, услуги парикмахерской или косметического салона). За рубежом допускается в подобных случаях исполнение экспертом роли потребителя;
- некоторые характеристики услуг напрямую зависят от особенностей региона, в котором они предлагаются. Так, например, в Москве признано целесообразным ввести в действие региональные системы сертификации услуг в сфере общественного питания и городского транспорта.

К нормативным документам для обязательной сертификации предъявляются определённые требования [9]. В них должны быть указаны нормы безопасности для жизни и здоровья потребителей и их имущества; экологические параметры; требования к методам проверки качества услуги, технологическому процессу исполнения, мастерству исполнителя и к системе обеспечения качества. При добровольной сертификации нормативный документ предлагает заявитель.

Перечень услуг, подлежащих обязательной сертификации:

1. Ремонт и техническое обслуживание бытовой радиоэлектронной аппаратуры, электробытовых машин и приборов.
2. Ремонт и техническое обслуживание автомототранспортных средств.
3. Ремонт и изготовление мебели.
4. Химчистка и крашение.
5. Ремонт и строительство жилья.
6. Услуги бань и душевых.
7. Услуги парикмахерских.
8. Ремонт, окраска и пошив обуви.
9. Услуги прачечных.
10. Услуги по ремонту и пошиву швейных, меховых и кожаных изделий, головных уборов и изделий текстильной галантереи; ремонт, пошив и вязание трикотажных изделий.
11. Услуги железнодорожного транспорта.
12. Услуги речного транспорта.
13. Услуги морского транспорта.

14. Услуги воздушного транспорта.
15. Услуги автомобильного транспорта.
16. Услуги городского транспорта.
17. Экспедиторские услуги.
18. Жилищно-коммунальные услуги.
19. Услуги учреждений культуры.
20. Туристические услуги и услуги гостиниц.
21. Услуги организаций физической культуры и спорта.
22. Медицинские услуги.
23. Санитарно-оздоровительные услуги.
24. Услуги в системе образования.
25. Услуги торговли.
26. Услуги общественного питания.

Сертификация услуг включает следующие этапы:

- подача заявки на сертификацию услуги (форма заявки приведена в Приложении 11.1);
- принятие решения по заявке;
- выбор схемы сертификации (существующие схемы сертификации услуг приведены в Приложении 11.2);
- проведение проверки оказания услуг;
- анализ полученных результатов и принятие решения о выдаче сертификата соответствия;
- инспекционный контроль за сертифицированной услугой.

Бланк сертификата соответствия на услугу приведен в Приложении 11.3, а правила его заполнения – в Приложении 11.4.

Задание

1. Изучить порядок проведения сертификации услуги.
2. Выбрать и обосновать схему сертификации услуги.
3. По указанию преподавателя подготовить комплект документов на проведение сертификации услуги.

Содержание отчета

1. Обосновать выбранную схему сертификации услуги.
2. Представить законченный документ на сертификацию услуги.
3. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое услуга в соответствии с МС ИСО 9004.2?
2. Какой орган проводит сертификацию услуг?
3. Кто определяет номенклатуру услуг?
4. Кто определяет проведение обязательной и добровольной сертификации услуг?
5. Кто подтверждает сертификат соответствия услуги?
6. Требуется ли знак соответствия на сертификате услуг?

ПРИЛОЖЕНИЕ 11.1

Форм а заявки на проведение сертификации услуг

_____
наименование органа по
_____
сертификации, адрес

ЗАЯВКА
на проведение сертификации услуг
в Системе сертификации ГОСТ Р

1. _____
наименование предприятия-исполнителя (далее – заявитель)

_____
_____в лице_____
адрес, код ОКП – О Ф.И.О. руководителя
заявляет, что_____
наименование вида услуги, код ОКУН

_____
оказывается по_____
наименование и реквизиты документации
_____, соответствует требованиям
изготовителя (ТУ, стандарт)

_____
наименование и обозначение стандартов
и просит провести сертификацию данной услуги на соответствие требованиям указанных стандартов по схеме_____

_____
номер схемы сертификации
2. Испытания для сертификации прошу провести (проведены) в

_____
наименование аккредитованной испытательной лаборатории, адрес

3.Заявитель обязуется:
выполнить все условия сертификации;
обеспечить стабильность сертифицированных характеристик услуг;
оплатить все расходы по проведению сертификации.
4. Дополнительные сведения _____

_____

Руководитель предприятия_____ _____
личная подпись расшифровка подписи

Главный бухгалтер_____ _____
личная подпись расшифровка подписи

Печать Дата

ПРИЛОЖЕНИЕ 11.2

Существующие схемы сертификации услуг

№ схемы	Оценка мастерства исполнителя	Оценка процесса оказания услуги	Аттестация предприятия	Сертификация системы качества	Выборочная проверка результата услуги	Инспекционный контроль
1	+				+	Проверка результата услуги*
2		+			+	Контроль стабильности процесса оказания услуги
3					+	Выборочная проверка результата услуги
4			+		+	Выборочная проверка результата услуги
5				+		Контроль стабильности функционирования системы

* Для нематериальных услуг – методом социальной оценки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11.3

Бланк сертификата соответствия услуги

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ГОССТАНДАРТ РОССИИ

Знак (1)_____
соответствия _____

№ 0 0 0 2

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

(2) №_____

(3) Действителен до_____20_____г.

(4) _____
наименование исполнителя услуги

_____
адрес

Сертификат удостоверят, что услуга
(5) _____
наименование

_____ (6)

соответствует требованиям (7)_____
(8) нормативных документов_____
обозначение

_____

_____

_____

(9) сертификат выдан на основании_____

_____
наименование, №, дата регистрации документов

_____
(10)_____
руководитель органа, выдавшего сертификат

(11) _____ _____
подпись инициалы, фамилия

Зарегистрирован
в Государственном реестре

М.П. (12) «_____»_____20___г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11.4

Правил а запол нения бланка сертификата соответствия услуги

Сертификат заполняется на русском языке. Текст наносится машинописным способом. Исправления, зачеркивания, подчистки текста не допускаются. В графах сертификата указываются следующие сведения:

Позиция 1. Наименование органа, выдавшего сертификат (прописными буквами) и адрес (строчными буквами). Если наименование органа не помещается в одну строку, то допускается написание адреса под обозначенной строкой. В случае, если орган использует печать организации, на базе которой он создан, после наименования органа, выдавшего сертификат, в скобках (строчными буквами) указывается наименование этой организации, а адрес – под реквизитом «подпись». Наименование органа (организации) должно быть идентичным наименованию в печати.

Позиция 2. Регистрационный номер сертификата формируется в соответствии с документом «Правила ведения государственной регистрации при проведении работ по сертификации и аккредитации».

Позиция 3. Срок действия сертификата устанавливается органом по сертификации, выдавшим сертификат, по правилам, изложенным в порядке сертификации однородных услуг. При этом дата пишется: число – двумя арабскими цифрами, месяц – прописью, год – четырьмя арабскими цифрами.

Позиция 4. Наименование исполнителя услуги и его адрес (предприятие, организация, гражданин-предприниматель и т.д.), номер расчетного счета.

Позиция 5. Наименование, вид конкретной услуги (прописными буквами) в соответствии с нормативными документом на услугу (номер стандарта или иного документа, устанавливающего требования к услуге). При выдаче сертификата на ряд услуг – их перечень указывается в приложении к сертификату.

Позиция 6. Классификационная часть, код услуги (6 разрядов по Общероссийскому классификатору услуг населению – ОКУН.) В случае выдачи сертификата на несколько конкретных услуг, в сертификате проставляется соответствующее число кодов или перечень кодов приводится в приложении.

Позиция 7. Указываются требования, на соответствие которым сертифицирована услуга. При обязательной сертификации указываются свойства, на соответствие которым она проводится, например: безопасность (электробезопасность), экологичность.

Позиция 8. Обозначение нормативных документов, на соответствие которым проведена сертификация.

При обязательной сертификации в первой строке указываются свойства, на соответствие которым она проводится, например: «безопасность».

Позиция 9. Указываются все основания, принятые органом по сертификации при выдаче сертификата: схема сертификации, акт оценки мастерства исполнителя или протокол испытания результата услуги; акт оценки процесса оказания услуги; акт оценки системы качества; акт аттестации предприятия в целом. При наличии сертификата указывается его регистрационный номер в Госреестре системы качества или производства со сроком действия.

Позиция 10. Указывается фамилия, инициалы и должность руководителя органа по сертификации.

Позиция 11. Подпись, инициалы, фамилия руководителя органа, выдавшего сертификат, гербовая печать организации, на базе которой образован орган, или печать органа по сертификации.

Позиция 12. Дата регистрации в Государственном реестре.

Практическое занятие №12

Тема: Решение задач на определение погрешности измерений и средств измерений

Цель: Изучить основные принципы описания и оценивания погрешностей, а также ознакомиться с примерами решения типовых задач и закрепить теоретические знания, полученные в ходе практической работы, на основе задач для самостоятельного решения.

Студент должен

знать: классификацию погрешностей измерений и средств измерений.

уметь: решать задачи на определение погрешности измерений и средств измерений.

Теоретическое обоснование

Применяемые при измерениях методы и средства измерений не являются идеальными, а органы восприятия экспериментатора (оператора) не могут идеально воспринимать показания приборов. Поэтому после завершения процесса измерения всегда остается некоторая неопределенность в информации об объекте измерения, т. е. получить истинное значение физической величины невозможно. Однако, это понятие введено в теорию измерений, при этом различают истинное и действительное значения измеряемой величины и результат измерения.

Истинное значение физической величины – это значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в количественном и качественном отношении соответствующую физическую величину.

Действительное значение физической величины – значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него. *Результат измерения* – значение физической величины, полученное путем ее измерения. Результат измерения представляет собой приближенную оценку истинного значения физической величины.

Остаточная неопределенность в информации об объекте измерения может характеризоваться различными мерами неопределенности. В метрологии мерой неопределенности результата измерений является погрешность результата измерения.

Под *погрешностью результата измерения* (*погрешностью измерения*) понимается отклонение результата измерения X от истинного (действительного) значения Q измеряемой величины:

$$\Delta = X - Q. \qquad (1.1)$$

Погрешность измерения указывает границы неопределенности значения измеряемой величины. Истинное значение физической величины применяется при решении теоретических задач метрологии. На практике пользуются действительным значением. За действительное значение физической величины при однократных измерениях, как правило, принимают значение, полученное с помощью эталонного средства измерений, а при многократных измерениях - среднее арифметическое ряда отдельных измерений, входящих в данный ряд. В зависимости от решаемой задачи могут использоваться и другие значения.

Погрешностью средства измерений называется разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой величины.

По способу выражения различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

Абсолютная погрешность – это погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины и определяемая согласно выражению (1). Абсолютная погрешность сама по себе не может служить показателем точности измерений, поэтому вводится понятие относительной погрешности.

Относительная погрешность – это погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины. Она является более наглядной характеристикой оценки качества результата измерения по сравнению с абсолютной погрешностью. Относительная погрешность выражается в относительных единицах (в процентах) и определяется по выражению:

$$\delta = (\Delta / Q) \, 100\% = ((X - Q) / Q) 100\% \qquad (1.2)$$

Приведенная погрешность – это относительная погрешность, в которой абсолютная погрешность средства измерений отнесена к условно принятому значению Q_N, постоянному на всем диапазоне измерений или его части:

$$\gamma = (\Delta / Q_N)\ 100 = (\ (X - Q) / Q_N\ )100\% \qquad (1.3)$$

Условно принятое значение величины Q_N называют нормирующим значением. За нормирующее значение, как правило, принимают верхний предел измерений (максимальное значение измеряемой величины), т. е. $Q_N = Q_{max}$. Указание погрешности измерений в виде приведенной относительной погрешности свидетельствует о том, что абсолютная погрешность измерений Δ постоянна на всем диапазоне измерений.

Проанализировав формулы (2) и (3), можно построить графики зависимости относительных погрешностей δ и γ от показания измерительного прибора с односторонней шкалой (рисунок 1).

Поделив шкалу прибора на четыре равные части от нуля до Qmax, получим, что относительная погрешность δ максимальна в 1-й четверти шкалы и минимальна в 4-й четверти шкалы.

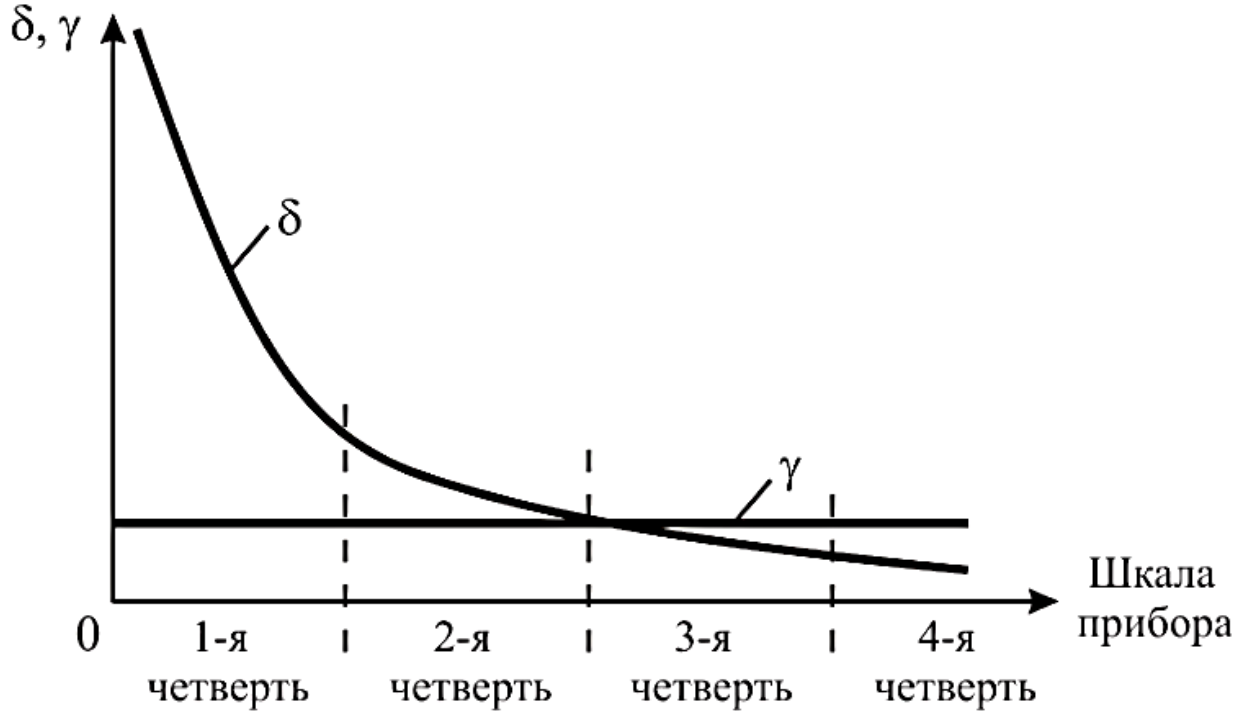


Рисунок 1 - Графики зависимости относительной и приведенной погрешностей от показания измерительного прибора

В соответствии с ГОСТ 8.401–80 электромеханические приборы поделены на девять классов точности (таблица 1).

Таблица 1

Класс точности	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й
γ, %	0,02	0,05	1	0,02	0,05	1	1,5	2,5	4

Если в формулу (2) подставить абсолютную погрешность, выраженную через формулу (3), то получим формулу, связывающую относительную и приведенную погрешности:

$$\delta = \gamma (Q_N / Q) \qquad (1.4)$$

По характеру проявления различают систематическую и случайную погрешности, а также грубые погрешности (промахи).

Систематическая погрешность – составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной для данного ряда измерений или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях физической величины постоянного размера.

Случайная погрешность – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) в серии повторных измерений физической величины постоянного размера, проведенных с одинаковой тщательностью в одинаковых условиях. В появлении таких погрешностей нет какой-либо закономерности, они проявляются при повторных наблюдениях в виде некоторого разброса полученных результатов.

Грубые погрешности (промахи) – это такие погрешности, которые при исправных средствах измерений и корректных действиях экспериментатора (оператора) не должны появляться.

Проявляются они в том, что результаты отдельных измерений резко отличаются от остальных.

Особое место среди погрешностей занимают *прогрессирующие (дрейфовые) погрешности.* Их особенностью является то, что они могут быть скорректированы и учтены только в данный момент времени, а в дальнейшем вновь непредсказуемо изменяются. В зависимости от источника возникновения различают методическую, инструментальную и субъективную погрешности.

Субъективные погрешности связаны с индивидуальными особенностями оператора. Разновидностями субъективных погрешностей являются погрешности отсчитывания, интерполяции и параллакса. *Погрешность отсчитывания* возникает из-за ошибок в отсчете показаний (примерно 0,1 деления шкалы). *Погрешность интерполяции* – это погрешность, вызванная неточностью нахождения промежуточного значения какой-либо изменяющейся величины по ряду соседних известных значений. *Погрешностью параллакса* называется погрешность, обусловленная изменением видимого положения стрелки прибора относительно удаленного фона в зависимости от положения оператора.

В основном же, систематические погрешности возникают из-за методической и инструментальной составляющих.

Методическая составляющая погрешности обусловлена метода измерения, приемами использования средства измерений, некорректностью расчетных формул и округления результатов измерений.

Инструментальная составляющая погрешности возникает из-за собственной погрешности средства измерений, определяемой классом

точности, влиянием средства измерений на результат измерения и ограниченной разрешающей способности средства измерений.

По условиям возникновения у средств измерений различают основную и дополнительные погрешности. Каждое средство измерений предназначено для работы в определенных условиях, указываемых в нормативно-технической документации. При этом отдельно указывают *нормальные условия* применения средств измерений, т. е. условия, при которых величины, влияющие на погрешности данного средства измерений, находятся в пределах нормальной области значений, и *рабочие условия* применения –условия работы, при которых значения влияющих величин выходят за пределы нормальных, но находятся в пределах рабочих областей.

Погрешность средства измерений, определенная при нормальных условиях, называется *основной.* Погрешность, обусловленная выходом значений влияющих величин за пределы нормальных значений, называется *дополнительной.* Для оценивания дополнительных погрешностей в документации на средство измерений обычно указывают нормы изменения показаний при выходе условий измерения за пределы нормальных.

По характеру поведения измеряемой величины в процессе измерения выделяют статические и динамические погрешности. *Статическая погрешность* проявляется при работе средства измерений в статическом режиме, когда показания средства измерений не зависят от его динамических свойств, или когда этой зависимостью можно пренебречь.

Динамическая погрешность возникает при работе средства измерений в динамическом режиме и определяется двумя факторами: динамическими (инерционными) свойствами средства измерений и характером изменения измеряемой величины.

У средств измерений часто можно выделить составляющие погрешности, не зависящие от значения измеряемой величины, и погрешности, изменяющиеся пропорционально измеряемой величине. Такие составляющие называются, соответственно, *аддитивными* и *мультипликативными погрешностями*.

Классификация погрешностей измерений и средств измерений приведена в таблице 2.

Таблица 2

Классификационный признак	Виды погрешностей	
1	2	3
	измерений	средств измерений
Способ выражения	Абсолютная Относительная	Абсолютная Относительная Приведенная
Характер проявления	Систематическая Случайная Грубая	Систематическая Случайная
Условия возникновения: нормальные	-	Основная

рабочие	-	Дополнительная
1	2	3
Источник возникновения	Методическая Инструментальная Субъективные	- Несовершенство средств измерений Отсчитывания Интерполяции Параллакса
Характер поведения измеряемой величины	-	Статическая Динамическая
По характеру зависимости от измеряемой величины		Аддитивные Мультипликативные

Примеры решения типовых задач

Задача 1. Измерено два значения напряжения (50 и 400 В) вольтметром с номинальным значением 400 В с одной и той же абсолютной погрешность 0,5 В. Какое напряжение будет измерено с меньшей погрешностью?

При решении задач по определению погрешности измерений необходимо правильно обозначить исходные данные. Так, напряжение измеряется рабочим вольтметром и обозначается $U1$ = 50 В, $U2$ = 400 В, с одинаковой абсолютной погрешностью $\Delta 1 = \Delta 2 = 0{,}5$ В. О виде шкалы вольтметра ничего не говорится, значит используется вольтметр с односторонней шкалой, у которого $U\min = 0$ и $U\max$ = 400 В, поэтому Uном = 400 В.

Погрешность измерения определяем по формуле (1.2):

$$\delta = (\Delta / U_1) \, 100\% = (0{,}5/50) \, 100\% = 1\%$$

$$\delta = (\Delta / U_2) \, 100\% = (0{,}5/400) \, 100\% = 0{,}125\%$$

Ответ: с меньшей погрешностью будет измерено напряжение 400 В.

Задача 2. В результате калибровки вольтметра магнитоэлектрической системы со шкалой 0…50 В и шагом шкалы 10 В получены показания образцового вольтметра (таблица 3).

Таблица 3 - Исходные данные для задачи 2

U, В	0	10	20	30	40	50
Uизм, В	0,2	10,2	19,9	30,3	39,5	50,9

Определить приведенную относительную погрешность и назначить вольтметру класс точности.

Для определения приведенной погрешности γ необходимо воспользоваться формулой (1.3):

$$\gamma = (\Delta / Q_N) \, 100$$

Находим максимальную абсолютную погрешность $\Delta max = |50,9 – 50| = 0,9$ В и номинальное значение Uном = 50 – 0 = 50 В. Тогда

$$\gamma = (0,9 \ / 50 \ ) \ 100\% = 1,8\%$$

Полученная приведенная погрешность γ находится между 7-м (1,5 %) и 8-м (2,5 %) классом точности по ГОСТ 8.401–80, поэтому назначаем вольтметру ближайший больший класс точности – 8-й .
Ответ: γ = 1,8 %; назначаем вольтметру 8-й класс точности.

Задача 3. Измерено напряжение 40 В вольтметром 6-го класса точности (1,0) с верхним пределом 50 В. Измерен ток 2 мА с абсолютной погрешностью 0,1 мА. Определить значение измеренного сопротивления резистора, абсолютную и относительную погрешности измерения этого резистора.
Для определения значения сопротивления резистора воспользуемся формулой закона Ома:

$$R = U / I = 40/2 * 10^{-3} = 20000 \text{ Ом} = 20 \text{кОм}$$

Приведенную формулу расчета сопротивления R представим в виде $R = U^1 I^{-1}$, откуда следует, что $k1 = 1$, $k2 = –1$. Запишем формулу определения погрешности измерения сопротивления, вместо $\delta 1$ приняв δ_U,т. к. $k1$ относится к напряжению, а вместо $\delta 2$ приняв δI, т. к. $k2$ относится к току:

$$\delta_R = | k1 \ \delta_U | + | k2 \ \delta_I |$$

Напряжение и ток были измерены прямым методом, следовательно, используя формулы (1.2) и (1.4) для прямых измерений, найдем δ_U и δ_I:

$$\delta_U = \gamma \ (U \text{ ном} / U) = 1 \ (50/40) = 1,25\%$$

$$\delta_I = (\Delta_I / I) \ 100\% = (0,1/ 2) \ 100\% = 5\%$$

Тогда

$$\delta_R = | 1*1,25| + | (-1)*5_I | = 6,25\%$$

Рассчитаем абсолютную погрешность измерения сопротивления резистора, воспользовавшись формулой (2)

$$\Delta_R = \delta_R \ R / 100\% = 6,25 * 20 / 100\% = 1,25 \text{кОм}$$

Ответ: значение измеренного сопротивления составило 20 кОм, относительная и абсолютная погрешности измерения сопротивления составили 6,25 % и 1,25 кОм соответственно.

Задача 4. Необходимо измерить напряжение 20 В многопредельным вольтметром 5-го класса точности (0,5 %) с пределами измерения 7,5 – 15 – 30 – 60 В, выбрать оптимальный предел измерения вольтметра и оценить относительную погрешность в выбранном пределе измерения.

При выборе предела измерения целесообразно представить положение стрелки вольтметра в каждом из четырех пределов при измерении заданного параметра (рисунок 2). Из рисунка 2 следует, что при выборе пределов измерения 7,5 или 15 В вольтметр будет зашкаливать.

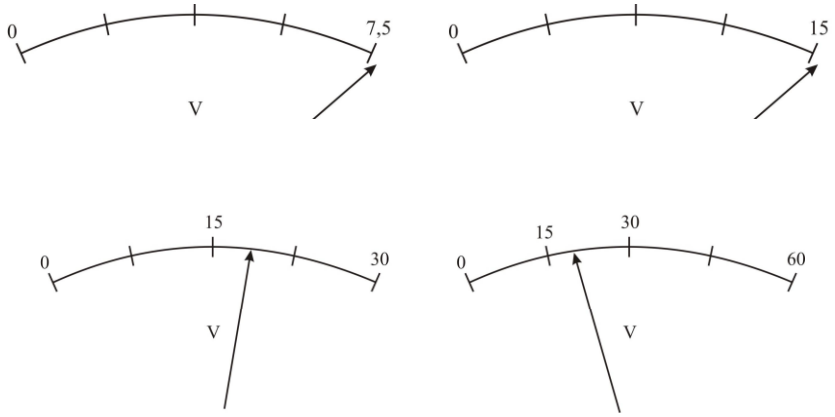


Рисунок 2

При выборе предела измерения 60 В стрелка вольтметра будет находиться во 2-й четверти шкалы, а, значит, результат измерения будет обладать достаточно высокой погрешностью. Поэтому оптимальным, с точки зрения положения стрелки вольтметра, а, следовательно, и меньшей погрешности измерения является предел 30 В. Используя формулу (1.4), находим:

$$\delta = 0{,}5\%\ (30/20)\ 100\% = 0{,}75\%$$

Ответ: выбираем оптимальный предел измерения 30 В, при этом погрешность измерения составит 0,75 %.

Задачи для самостоятельного решения

Студент имеет право выбрать при решении задач уровень сложности. Уровень сложности определяет результат практической работы (оценка).

1 уровень сложности – удовлетворительно

2 уровень сложности – хорошо

1 уровень сложности и 2 уровень сложности - отлично

1 уровень сложности

1) Определить относительную погрешность измерения напряжения, если показания вольтметра класса точности 1,0 с пределом измерения 300 В составило 75 В.

2) Определить абсолютную и относительную погрешности измерений, если вольтметр с пределом измерений 300 В класса точности 2,5 показывает 100 В.

3) Амперметр с пределом измерения 10Ф показал при измерениях ток5,3 А, при его действительном значении 5,23 А. Определите абсолютную, относительную и относительную приведенную погрешности.
4) Определите абсолютную погрешность атомных часов, использующих колебания молекул газа на частоте $3*10^{10}$Гц за год, если относительная погрешность составляет $0,5*10^{-10}$.

5) Имеются три вольтметра: класса точности 1,0 с номинальным напряжением 300; класса точности 1,5 на 250 В и класса точности 2,5 на 150 В. Определить какой из вольтметров обеспечит большую точность измерения напряжения 130 В.

6) Стрелочным амперметром с классом точности 0,5 и верхним пределом измерения 40 А измерено значение электрического тока I = 24 А. Найдите абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

2 уровень сложности
1) Проведена поверка вольтметра магнитоэлектрической системы со шкалой 0…10 В и шагом шкалы 1 В. При этом получены показания образцового вольтметра, представленные в таблице 5.

Таблица 5 - Показания образцового вольтметра

U, В	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uизм, В	0,2	1,2	2,3	3,4	4,4	5,4	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5

Определить приведенную погрешность и назначить вольтметру класс точности.

2) При измерении тока величиной 25 мА использовали многопредельный миллиамперметр с пределами 5 – 15 – 30 – 60 мА 24 7-го класса точности (1,5%). Выбрать оптимальный предел измерения и оценить погрешность измерения.

3) С какой минимальной погрешностью будет измерено напряжение 5 В многопредельным вольтметром 8-го класса точности (2,5 %) с пределами измерений 7,5 – 15 – 75 – 150 В? Указать выбранный предел измерения.

4) При определении тока измерены мощность 400 мВт ваттметром 5-го класса точности (0,5 %) с номинальным значением 600 мВт и напряжение 5 В

вольтметром 7-го класса точности (1,5 %) с номинальным значением 5 В. Найти ток, а также абсолютную и относительную погрешности его измерения.

Ход работы

1) Изучить основные теоретические положения.
2) Ознакомиться с примерами решения типовых задач.
3) Закрепить теоретические знания, полученные в ходе выполнения практической работы, решив задачи, предназначенные для самостоятельного решения.
4) Устно ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1) Что называется погрешностью результата измерения?
2) Что называется погрешностью средства измерений?
3) Приведите классификацию погрешностей измерений и средств измерений.
4) Каковы основные принципы описания и оценивания погрешностей?
5) Каковы правила округления погрешностей?

Содержание отчета

1) Запишите тему, номер и цель работы
2) Ход работы.

Практическое занятие№ 12

Тема: Определение класса точности по заданным пределам.

Цель: Научиться рассчитывать погрешности измерений электрических величин и по их результатам определять соответствие приборов классу точности.

Студент должен

знать: понятия терминов « класс точности», «погрешность»;

уметь: рассчитывать погрешности измерений электрических величин, определять соответствие приборов классу точности.

Теоретическое обоснование

Согласно ГОСТ 8.401-81 приборам присваивается определенный класс точности. Класс точности - это обобщенная характеристика прибора, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей. Пределы допускаемых изменений показаний от влияния внешних факторов для любого прибора устанавливаются в зависимости от класса его точности согласно стандартам на отдельные виды приборов. Класс точности может выражаться одним числом или дробью.

При выборе средств измерения точность средств измерений должна быть достаточно высокой по сравнению с заданной точностью выполнения измеряемого размера, а трудоемкость измерения и их стоимость должны быть

возможно более низкими, обеспечивающими наиболее высокие производительность труда и экономичность.

Недостаточная точность измерений приводит к тому, что часть годной продукции бракуют, а в то же время по той же причине другую часть фактически негодной продукции принимают как годную.

Излишняя точность измерений связана с повышением трудоемкости и стоимости контроля качества продукции и ведет к удорожанию производства и ограничению выпуска продукции.

Для средств измерений, принято деление на классы точности, которые дают их обобщенную метрологическую характеристику.

Требования к метрологическим характеристикам устанавливаются в стандартах на средства измерений конкретного типа.

Классы точности присваиваются средствам измерений с учетом результатов государственных приемочных испытаний.

У приборов аддитивная погрешность которых резко преобладает над мультипликативной, все значения погрешностей оказываются в пределах прямых 2, параллельных оси ОХ, смотрите рисунок 2.1. В результате допускаемая абсолютная и приведенная погрешности прибора оказываются постоянными в любой точке его шкалы. У таких приборов класс точности выражается одним числом, выбираемых из ряда следующих чисел: $1 \cdot 10^n$; $1{,}5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2{,}5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$, где n=1; 0; -1; -2 и так далее. У приборов, класс точности которых выражается одним числом, основная приведенная погрешность в рабочем диапазоне шкалы, выраженная в процентах, не превышает значения, соответствующего класса точности. К таким приборам относится большинство стрелочных приборов.

Класс точности приборов, у которых аддитивная и мультипликативная составляющие основной погрешности соизмеримы, обозначается в виде двух чисел, разделенных косой чертой, например класс точности 0,1/0,05.

Предельное значение основной относительной погрешности приборов, выраженное в процентах, в этом случае может быть определено путем расчета по формуле:

$$|\delta_{max}| = [c + d (|x_к / x | - 1)], \qquad (2.1)$$

где $x_к$ - конечное значение диапазона измерении, с и d - постоянные числа, причем отношение c/d обозначает класс точности прибора.

Например, для прибора класса точности 0,1/ 0,05

$$|\delta_{max}| = [0{,}1 + 0{,}05(|x_к / x | - 1)]\%$$

Класс точности должен удовлетворять условию c/ d >1.

Так как относительная, абсолютная и приведенная погрешности взаимосвязаны, то, зная одну из них, легко определить остальные.

К приборам, класс точности, которых выражается дробью, относятся цифровые приборы, а также мосты и компенсаторы как с ручным, так и с автоматическим уравновешиванием.

Рассмотрим связь между коэффициентами с и а в выражении (2.1) и

придельными значениями аддитивной и мультипликативной погрешностей прибора. Учитывая, что предельное значение основной относительной погрешности $|\delta_{max}|$, определенное исходя из класса точности прибора, должно быть всегда больше или равно предельному значению реальной основной погрешности $|\delta'_{max}|$, получаем:

$$(|a / x| + |b|)100 \le c - d\,|x_к / x|d, \qquad (2.2)$$

откуда

$$|a| \le x_k\, d / 100 \qquad (2.3)$$

$$|b| \le (c - d) / 100 \qquad (2.4)$$

Каждый измерительный прибор имеет паспорт, в котором завод-изготовитель указывает максимальную погрешность для данной серии приборов. Новые приборы должны иметь погрешность, которая не превышает 80% значения, указанного в паспорте.

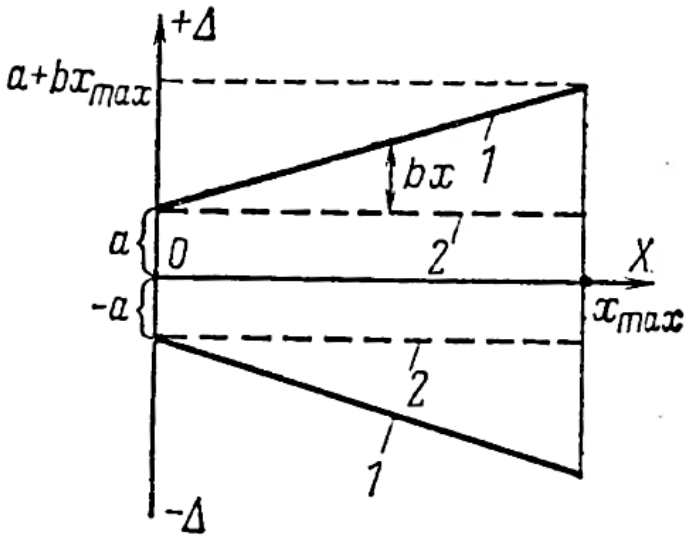


Рисунок 2.1 - Зависимость абсолютной погрешности прибора от измеряемой величины

Задание 1.

Внимательно изучите теоретическое обоснование работы. Выполните работу по определению класса точности по заданным пределам. Выбираем вариант согласно номеру фамилии студента в журнале, каждому четному номеру соответствует 1 вариант, нечетному - 2 вариант, номера 3, 6, 9, 12, 15, 18 выполняют задание соответствующее 3 варианту.

1 Вариант. При поверке технического вольтметра класса точности 1,5 с помощью образцового вольтметра получены следующие результаты, смотрите таблицу 2.1:

Таблица 2.1 - Показания вольтметра

Показания приборов		
Технического вольтметра $U_{тех}$, В	Образцового вольтметра U, В	
	Ход вверх	Ход вниз
0	0	0
50	49,5	50
100	101	100
150	150,5	151
200	201	200
250	249,5	249,5

Считая действительными значениями средние арифметические хода вверх и хода вниз на каждой оцифрованной отметке определите абсолютные и приведенные погрешности и поправки.

Постройте кривую поправок - $\Delta = f(U_{тех})$ в виде ломаной линии.

2 Вариант. При поверке технического вольтметра класса точности 1 с помощью лабораторного, с классом точности 0,2 получены следующие результаты, смотрите таблицу 2.2:

Таблица 2.2 - Показание вольтметра

Показания приборов		
Технического вольтметра $U_{тех}$, В	Образцового (лабораторного) U, В	
	Ход вверх	Ход вниз
0	0	0
30	29,7	30
60	60,3	60,5
90	90	90,5
120	120	120,5
150	150,6	150,6

Считая действительными значениями средние арифметические хода вверх и хода вниз на каждой оцифрованной отметке определите абсолютные и приведенные погрешности и поправки.

Постройте кривую поправок - $\Delta = f(U_{тех})$ в виде ломаной линии.

3 Вариант. С помощью образцового амперметра получены следующие результаты, смотри таблицу 2.3, с классом точности 1

Таблица 2.3 - Показания амперметра

Показания приборов		
Технического амперметра $I_{тех}$, А	Образцового I, А	
	Ход вверх	Ход вниз
0	0	0
1	1,05	1
2	1,95	2,05

3	3	3,05
4	4,05	4,05
5	5,05	5.05

Считая действительными значениями тока средне арифметические хода вверх и хода вниз на каждой оцифрованной отметке технического амперметра, определите абсолютные и приведенные погрешности и поправки. Сделайте заключения о результатах проверки.

Постройте кривую поправок - $\Delta = f(I_{тех})$ в виде ломаной линии.

Порядок выполнения работы:

1) Определите среднее значение образцового прибора и занесите в таблицу 2.4
2) Вычисляем абсолютную погрешность, как разность показаний технического и среднего значения образцового прибора.
3) Вычисляем приведенную погрешность, как отношение разности показаний технического и среднего значения образцового прибора на показание технического прибора. Приведенная погрешность $\gamma \leq$ класса точности прибора
4) Все результаты сводим в таблицу 2.4
5) Строим кривую поправок в виде ломаной линии.

Таблица 2.4 - Результаты расчетов

Показания приборов				Δ	γ	$-\Delta$
Технического	Образцового		Среднее значение			
	ход вверх	ход вниз				

Задание 2.

Выберите прибор с наибольшей точностью для измерения напряжения X. Первый вольтметр имеет класс точности γ_1 и верхний предел измерений $X_{к1}$, а второй вольтметр имеет погрешность, заданную в виде c/d, и верхний предел измерений $X_{к2}$.

Данные для решения следует выбрать из таблицы 2.5.

Таблица 2.5 - Данные для выполнения работы

№ варианта	Первый вольтметр		Второй вольтметр		Значение измеренной величины X
	Верхний предел	Класс точности γ,	Верхний предел	Класс	

	измерений $X_{к1}$	%	измерений $X_{к2}$	точности c/d	
1	10мВ	0,1	1мВ	0,2/0,1	0,5мВ
2	50мВ	0,1	10мВ	0,1/0,05	8мВ
3	150В	2,5	100В	1,0/0,2	50В
4	100мВ	0,06	1В	0,05/0,02	60мВ
5	1,5В	0,5	10В	0,05/0,02	1В
6	250В	1,5	300В	0,02/0,05	200В
7	450В	1,5	350В	1,5/4,0	300В
8	500В	0,06	1000В	0,05/0,02	400В
9	700В	0,3	1000В	0,2/0,5	600В
10	1000В	0,01	1000В	0,02/0,003	800В
11	10мВ	0,1	1мВ	0,2/0,5	0,5мВ
12	50мВ	0,1	10мВ	0,1/0,2	8мВ
13	150В	1,5	100В	0,2/0,5	80В
14	100мВ	0,5	500мВ	0,01/0,02	80мВ
15	1,5В	0,5	10В	0,05/0,02	1В
16	250В	1,5	300В	0,02/0,05	200В
17	50В	2,5	100В	1,5/4,0	40В
18	500В	0,06	1000В	0,05/0,1	400В
19	500В	0,2	1000В	0,2/0,4	400В
20	800В	0,5	1000В	0,02/0,05	600В
21	250В	1,5	300В	0,05/0,1	200В
22	450В	1,5	350В	1,5/2,5	300В
23	500В	0,5	1000В	0,02/0,05	400В
24	500В	1,5	1000В	0,1/0,2	400В
25	800В	0,4	1000В	0,01/0,02	500В
26	200В	2,5	500В	0,02/0,1	160В

Пример выполнения

Выбрать прибор с наибольшей точностью для измерения напряжения 8 В. Первый вольтметр имеет класс точности 0,2 и пределы измерений 0-10 В, а второй вольтметр имеет погрешность, заданную в виде c/d =0,2/0,05, и пределы измерений 0-20 В.

Решение:

Первый вольтметр имеет класс точности, выраженный в форме приведенной погрешности $p_1=\gamma=0,2$ (±0,2%), и верхний предел измерения $U_{к1}=10$В.

Второй вольтметр имеет класс точности, выраженный в виде c/d=0,2/0,05 и через относительную погрешность, и верхний предел измерения $U_{к2}=20$В.

Из формулы определяем пределы допускаемой абсолютной погрешности для первого вольтметра

$$\Delta_1 = \pm\frac{\gamma\cdot X_N}{100} = \pm\frac{0,2\cdot 10}{100} = \pm 0,02B$$

Пределы допускаемой относительной погрешности для первого вольтметра определяются по формуле (4)

$$\delta_1 = \pm\frac{\Delta}{X}\cdot 100\% = \pm\frac{0,02}{8}\cdot 100\% = \pm 0,25\%$$

Из формулы определяем пределы допускаемой относительной погрешности для второго вольтметра

$$\delta_2 = \pm\left[c + d\left(\left|\frac{X_{K2}}{X}\right| - 1\right)\right] = \pm\left[0,2 + 0,05\left(\frac{20}{8} - 1\right)\right]\% = \pm 0,275\%$$

При сравнении полученных значений пределов допускаемых относительных погрешностей выбираем первый вольтметр, так как это средство измерения имеет меньшую погрешность измерения напряжения 8 В.

Контрольные вопросы

1. Что называется классом точности прибора?
2. По какой погрешности определяют класс точности прибора?
3. Что такое приведенная погрешность?
4. Какой должна быть точность средств измерений при выборе средств измерения?
5. Какими дополнительными условными знаками может сопровождаться обозначение классов точности?

Содержание отчета:

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Ход работы.
3) Сделайте вывод о соответствии прибора классу точности.
4) Письменно ответьте на контрольные вопросы.

Основные показатели электроизмерительных приборов. Такими показателями являются:

номинальная величина $A_{ном}$ — наибольшая величина, которая может быть измерена прибором. Например, номинальная величина ваттметра $P_{ном} = U_{ном}/I_{ном}$. Для многопредельных приборов номинальная величина определяется положением переключателя диапазонов на приборе;

постоянная прибора (цена деления) C— значение измеряемой величины, вызывающее отклонение показывающего устройства на одно деление шкалы. Например, постоянная вольтметра $C=U_{ном}/n$, где n — число делений шкалы;

погрешность измерения. Различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности. Абсолютная погрешность — это разность между измеряемым $A_и$ и действительным $A_д$ значениями контролируемой величины:

$$\Delta A = A_и - A_д.$$

относительная погрешность — это отношение абсолютной погрешности к действительному значению контролируемой величины, выраженное в процентах:

$$\gamma=(\Delta A/A_д)100\%$$

приведенная погрешность — это отношение абсолютной погрешности к номинальной величине прибора:

$$\gamma_{пр}=(\Delta A/A_{ном})100\%$$

Приведенная погрешность в процентах определяет *класс точности прибора.* Например,

$\gamma_{пр} = \pm 1$ % соответствует первому классу точности. По степени точности электромеханические измерительные приборы делятся на девять классов: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Класс точности прибора указывается на его шкале.

Точность измерения оценивается относительной погрешностью.

Так как $\Delta A = \gamma_{пр} A_{ном} = \gamma A_д$, то $\gamma = \gamma_{пр} A_{ном}/A_д$

Отсюда следует, что относительная погрешность тем меньше, чем ближе действительное значение измеряемой величины A к номинальной величине $A_{ном}$. Поэтому для повышения точности измерений рекомендуется пользоваться второй половиной шкалы.

Пример. С помощью многопредельного миллиамперметра первого класса точности измерен ток 400 мА при двух пределах: $A_{ном}$ = 500 мА и $A_{ном}$ = 2000 мА. Определить относительную погрешность измерения в обоих случаях.

При первом пределе $\gamma = \pm 1 \cdot 500/400 = \pm 1{,}25\%$; при втором $\gamma = \pm 1 \cdot 2000/400 = \pm 5{,}0\%$.

Таким образом, во втором случае точность измерения в 4 раза ниже, чем в первом.

Классификация электроизмерительных приборов. Значительная часть электроизмерительных приборов принадлежит к электромеханической группе. Общим для них является то, что электромагнитная энергия, подводимая к прибору от измеряемой цепи, преобразуется в механическую энергию перемещения подвижной части.

По *способу преобразования энергии,* т.е. по способу создания вращающего момента, измерительные механизмы приборов делятся на ряд систем, основные из которых приведены на рис.3.

Магнитоэлектрическая

Электромагнитная

Электродинамическая

Индукционная

По *роду тока* подразделяют приборы: постоянного тока (-); переменного тока (~); постоянного и переменного тока (); трехфазного тока (3 ~).

В отдельных случаях в состав электроизмерительного прибора входят преобразователи: полупроводниковый выпрямитель, электронный усилитель и т.д. Свойства приборов при этом могут существенно изменяться. В зависимости от типа преобразователя прибор называют выпрямительным, электронным и т.д.

На шкале прибора наносится ряд обозначений, основные из которых приведены на рис.4.

Со временем во всех электроизмерительных приборах в процессе их работы изнашиваются керны осей, подпятники и другие детали. Поэтому правильность их показаний постепенно, а иногда внезапно нарушается. Поэтому приборы периодически должны проверяться путём сравнения их показаний с показаниями образцовых приборов.

Амперметры, вольтметры и ваттметры классов 0,2; 0,5 подлежат поверке один раз в год. Амперметры, вольтметры и ваттметры классов 1; 1,5; 2,5 подлежат поверке раз в два года. Образцовые приборы должны иметь более высокий класс точности, чем проверяемые приборы.

Поверка вольтметра состоит в определении погрешностей эксплуатируемого или вышедшего из ремонта прибора. Причём абсолютная погрешность ΔU определяется как разность между показаниями испытуемого $U_п$ и эталонного $U_{эт}$ приборов: $\Delta U = U_п - U_{эт}$.

Величина противоположная по знаку абсолютной погрешности называется поправкой, обозначаемой буквой $\delta A = -\Delta A$, т.е. для вольтметра $\delta U = -\Delta U$.

По полученным результатам поверки строится кривая поправок (градуировочная кривая) (рис. 5). По оси абсцисс откладывается показания поверяемого прибора, а по оси ординат – соответствующие им поправки (положительные вверху, а отрицательные внизу). Прибавляя или отнимая поправки к показаниям испытуемого прибора, можно получить истинные значения измеряемой величины.

Практическое занятие№14

Тема: Измерение линейных величин

Цель: Приобрести практические навыки в выполнении измерений с помощью различных универсальных измерительных средств

Студент должен

знать: виды и методы линейных измерений, конструкцию средств измерений;

уметь: выполнять измерения с помощью различных универсальных измерительных средств.

Теоретическое обоснование

Выбранное средство измерений линейных размеров, его конструкция определяют метод измерений.

Метод измерений представляет собой прием или совокупность приемов применения средств измерений и характеризуется совокупностью тех физических явлений, на которых основаны измерения.

По способу получения и характеру результатов измерения разделяют соответственно на прямые, косвенные, абсолютные и относительные. Данные виды измерений линейных размеров представлены в таблице 2.

Таблица 1 - Виды измерений линейных величин

Измерение	Определение	Примеры измерения
Прямое	Измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных	Измерение глубины линейкой глубиномера штангенциркуля; диаметра вала - микрометром
Косвенное	Измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подверженными прямым измерениям	Измерение среднего диаметра методом трех проволочек, устанавливаемых во впадины резьбы
Абсолютное	Измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант	Измерение линейных размеров штангенциркулем, микрометром, глубиномером, на инструментальном микроскопе и т.д.
Относительное	Измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную	Измерение диаметра отверстия индикаторным нутромером, настроенным по концевым мерам; диаметра вала - рычажной скобой

В производственных условиях наиболее широко применяются методы прямых измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

При методе непосредственной оценки значение измеряемой величины получают непосредственно по отсчетному устройству средства измерений, например штангенциркуля, микрометра и т.д. Кроме того, этот метод по характеру результата измерений является абсолютным, так как весь измеряемый параметр фиксируется непосредственно средством измерения.

Метод прост, не требует особых действий оператора и дополнительных вычислений. Особое внимание при измерениях этим методом уделяется используемым средствам измерений, так как они служат основными источниками погрешности измерений. Это обусловливает необходимость тщательного выбора средств измерений, обеспечивающих высокую точность.

При методе сравнения с мерой измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. В литературе этот метод называется также относительным, так как средство измерения фиксирует лишь отклонение параметра от установочного значения.

Метод используют при проведении более точных измерений. Погрешность метода характеризуется в основном погрешностью используемой высокоточной меры.

Мера - средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Примерами используемых мер являются плоскопараллельные концевые меры и штриховые меры.

Метод сравнения с мерой при линейных измерениях реализуется в следующих разновидностях, среди которых различают:

дифференциальный метод;

метод совпадений.

Дифференциальный (нулевой) метод измерений - метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой. Так, диаметр отверстия измеряют индикаторным нутромером, предварительно настроенным на размер с помощью концевых мер длины. Наружные размеры измеряют рычажными и индикаторными скобами. Рычажные скобы имеют большую жесткость по сравнению с индикаторными и как следствие меньшую предельную погрешность измерения.

Метод совпадений - метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины оценивают, используя совпадение ее с величиной, воспроизводимой мерой (т. е. с фиксированной отметкой на шкале физической величины). К примеру, при измерении длины штангенциркулем, наблюдают совпадение отметок на шкалах штангенциркуля и нониуса.

Если рассмотренные методы прямых измерений не позволяют решить измерительную задачу, прибегают к косвенным измерениям, что значительно расширяет диапазон измеряемых величин и возможности измерений.

Средства измерений линейных величин. Нониус и микрометрический винт. Представим себе две линейки, сложенные вместе, как указано на рисунке 1. Пусть цена деления (длина одного деления) верхней линейки равна l_1, а цена деления нижней линейки – l_2. Линейки образуют нониус, если существует такое числоk, при котором

$$Kl_2=(k + 1)l_1 \qquad (3.1)$$

У линеек, изображенных на рис. 1, **k = 4**. Верхний знак в формуле (3.1) относится к случаю, когда деления нижней линейки длиннее делении верхней, т. е. когда $l_2 > l_1$. В противоположном случае следует выбирать нижний знак. Будем для определенности считать, что $\mathbf{L_2 > L_1}$. Величина называется точностью нониуса.

$$\delta= l_2 – l_1 = l_1/k =l_2/(k + 1) \qquad (3.2)$$

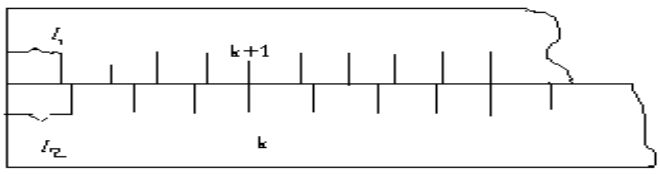


Рисунок 3.1

В частности, если $L_1 = 1$ *мм,* $k = 10$ то точность нониуса. $\delta = 0{,}1$ *мм.* Как видно из рисунок 1, при совпадении нулевых делений нижней и верхней шкал совпадают, кроме того, **k**-е деление нижней и **(k+1)**-е деление верхней шкалы, **2k**-е деление нижней и **2(k+1)**-е деление верхней шкалы.

Начнем постепенно сдвигать верхнюю линейку вправо. Нулевую деления линеек разойдутся и с начало совпадут первые деления линеек. Это случится при сдвиге $l_2 - l_1$, равном точности нониуса **δ** . при двойном сдвиге совпадут вторые деления линеек и т. д. если совпали*m*-е деления, можно, очевидно, утверждать, что их нулевые деления сдвинуты на $m\delta$.

Высказанные утверждения справедливы в том случае, если сдвиг верхней линейки относительно нижней не превышает одного деления нижней линейки. При сдвиге ровно на деление (или несколько делений) нулевое деление верхней шкалы совпадает уже не с нулевым, а с первым (или *n*-м) делением нижней линейки. При небольшом дополнительном сдвиге с делением нижней линейки совпадает уже не нулевое, в первое деление и т. д. В технических нониусах верхнюю линейку делают обычно короткой, так что совпадать с нижними может лишь одно из делений этой линейки. В дальнейшем мы всегда будем предполагать, что нониусная линейка является в этом смысле короткой.

Применим нониус для измерения длины тела *A* **(**рисунок 3.2). как видно из рисунка, в нашем случае длина **L** тела *A* равна

$$L = nl_2 + m\delta \qquad (3.3)$$

($l_2 > l_1$). Здесь ***n*** – целое число делений нижней шкалы, лежащих влево от начала верхней линейки, а ***m***- номер деления верхней линейки, совпадающего с одним из делений нижней шкалы (в том случае, если ни одно из делений верхней линейки не совпадает в точности с делениями нижней, в качестве ***m*** берут номер деления, которое ближе других подходит к одному из делений шкалы).

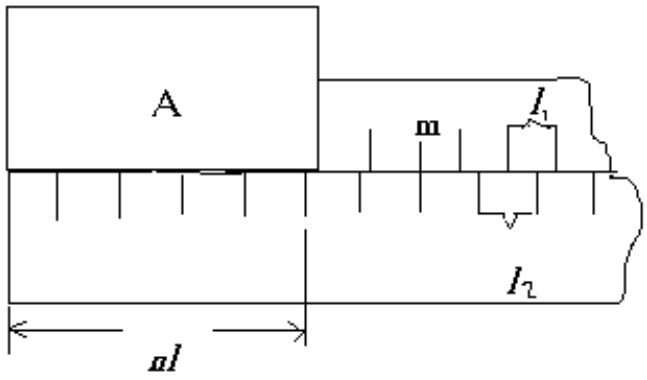


Рисунок 3.2

Часто подвижная часть нониуса (верхняя линейка на рисунке 3.1) имеет более крупные деления, т. е. $l_1 > l_2$. метод определения длины тела в этом случае рекомендуется найти самостоятельно.

Аналогичным образом можно строить не только линейные, но и угловые нониусы. Нониусами снабжаются штангенциркули (рисунок 3), теодолиты и многие другие приборы.

При точных измерениях расстояний нередко применяют микрометрические винты – винты с малым и очень точно выдержанным шагом. Такие винты употребляются, например, в микрометрах (рисунок 3.4). Один поворот винта микрометра передвигает его стержень на 0,5 мм. Барабан, связанный со стержнем, разбить на 50 делений. Поворот на одно деление соответствует смещению стержня на 0,01 мм. С этой точностью обычно и производятся измерения с помощью микрометра.

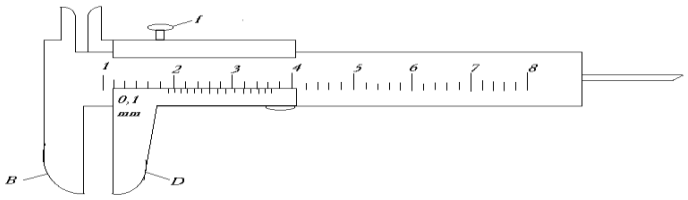


Рисунок 3.3

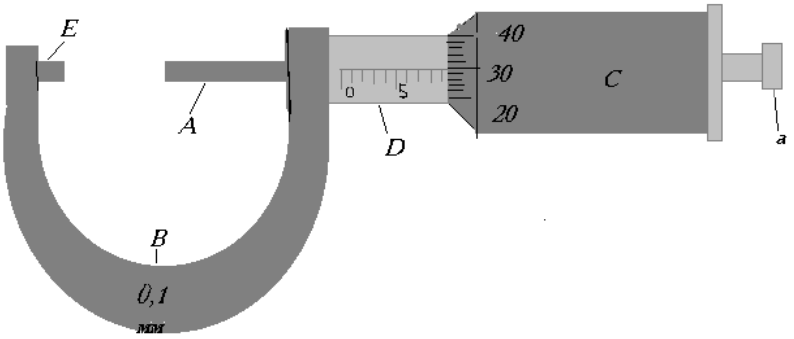


Рисунок 3.4

Микрометрический винт. Микрометр. Микрометрический винт применяется в точных измерительных приборах (микроскоп, микрометр) и позволяет проводить измерения до сотых долей миллиметра. Микрометрический винт представляет собой стержень, снабженный точной винтовой нарезкой. Высота **подъёма** винтовой нарезки за один оборот ***называется шагом микрометрического винта.*** Микрометр (рисунок 4) состоит из двух основных частей: скоба **В** и микрометрический винт **А**. Микрометрический винт проходит через отверстия скобы с внутренней резьбой, против микрометрического винта на скобе имеется упор. На микрометрическом винте закреплен полный цилиндр (барабан) с делениями по окружности. При вращении микрометрического винта барабан скользит по линейной шкале, нанесенной на стебле.

Для того, чтобы микрометрический винт **А** передвинулся на 1 мм, необходимо сделать два оборота барабана **С**. Таким образом, шаг микрометрического винта равен 0,5 мм. У того микрометра на барабане **С** имеется шкала, содержащая 50 делений. Так как шаг винта ***в =0,5 мм***, а число делений барабана ***m =50***, то точность микрометра

$$в/m = 0{,}5/50 = 1/100 \text{ мм} \qquad (3.4)$$

Числовое значение измеряемого предмета находят по формуле

$$L = kв + nв/m \qquad (3.5)$$

Длина измеряемого тела равно целому числу ***k мм*** масштабной линейки, ***n*** – деление нониуса, которое совпадает с любым делением масштабной линейки.

Ход работы

1) Изучить основные теоретические положения.
2) Провести измерения штангенциркулем и микрометром и обработать результаты измерений
3) Ответить на контрольные вопросы

Приборы и принадлежности: штангенциркуль, микрометр, измеряемые тела.

Измерение штангенциркулем и обработка результатов измерения.

Штангенциркуль состоит из стальной миллиметровой линейки, с одной стороны, которая имеется неподвижная ножка. Вторая ножка имеет нониус и может перемещаться вдоль линейки. Когда ножки прикасаются, нуль линейки и нуль нониуса совпадает. Для того, чтобы измерить длину предмета, его помещают между ножками, которые двигают до соприкосновения с ножками предмета (без сильного нажима), и закрепляет винтом **f**. После этого делают отсчет по линейки и нониуса, вычисляют длину предмета по формуле (3.5).

Штангенциркулем измеряет высоту **h** и диаметр **d** цилиндра. Измерения производят следующим образом:

1) Цилиндр помещают между ножками **В** и **Д** штангенциркуля (слегка зажав ножки) и закрепляют винт.
2) Измеряют длину, диаметр цилиндра и производят отсчет по шкале линейки числа целых ***k мм***, расположенных слева от нулевого деления нониуса и числа делений ***n*** шкалы нониуса, совпадающего с любым делением шкалы масштабной линейки. По формуле (3.5) делают отсчет. Измерения повторить три раза, слегка поворачивая цилиндр между ножками.
3) Вычисляют абсолютные и относительные ошибки измерений. Результаты измерений и вычислений записывают в таблицу результатов.

Таблица 3.1

№	k (м)	n	h (м)	Δh (м)	$\frac{\Delta h_{ср}}{h_{ср}} \cdot 100\%$	k (м)	n	d (м)	Δd (м)	$\frac{\Delta d_{ср}}{d_{ср}} \cdot 100\%$
1										
2										
3										
Сред.										

Измерение микрометром и обработка результатов измерений

1) Измеряемый предмет (толстую проволку или металлическую пластинку) помещают между упором **E** и концом микрометрического винта **A.**

2) Находят значения **k** и **n** по шкале стебля **Д** и барабана **C** по формуле (3.5) производят отсчет искомых величин.

3) Измерения диаметра проволки повторяют не менее пяти раз в различных местах.

4) Вычисляют абсолютную и относительную погрешность. Результаты измерения и вычислений записывают в таблицу.

Таблица 3.2

№	k (м)	n	L (м)	ΔL (м)	$\frac{\Delta L_{ср}}{L_{ср}} \cdot 100\%$	k (м)	n	h (м)	Δh (м)	$\frac{\Delta h_{ср}}{h_{ср}} \cdot 100\%$	$L_{тс}$ м)
1											
2											
3											
Сред.											

Контрольные вопросы

1) Что такое нониус? Как надо пользоваться с нониусом?
2) Для чего предназначен микрометр и штангенциркуль?
3) Расскажите принцип работы штангенциркуля?
4) Штангенциркуль чем отличается от микрометра?
5) Что называется шагом микрометра

Содержание отчета

1) Запишите тему, номер и цель работы
2) Внимательно изучите теоретическое обоснование работы
3) Ход работы

4) Письменно ответьте на контрольные вопросы

Литература

1) Ганевский Г.М. Допуски, посадки и технические измерения.- М.: Высшая школа,1998.

Практическое занятие№ 15

Тема: Методы и средства контроля резьбы

Цель: Ознакомиться с методами, средствами измерения и контроля цилиндрических резьб.

Студент должен

знать: методы и средства измерения и контроля цилиндрических резьб.

уметь: применять различные методы контроля цилиндрической резьбы.

Теоретическое обоснование

Основными параметрами резьбы являются наружный, внутренний и средний диаметр, шаг и угол профиля, так как они определяют эксплуатационные свойства резьбового соединения (точность, прочность, характер контакта, и другие).

В процессе производства резьбовых деталей любой из этих элементов резьбы может иметь погрешности изготовления. Кроме того, возможны отклонения: от концентричности диаметральных сечений; от заданных параметров, характеризующих взаимное расположение резьбы и других поверхностей детали; несоответствие параметра шероховатости резьбовой поверхности и т.д. Все это приводит к нарушению взаимозаменяемости, ухудшает качество и свинчиваемость резьбового соединения, снижает его прочность.

Существуют два метода контроля точности резьб - дифференцированный (поэлементный) и комплексный.

Дифференцированный метод применяют, когда на каждый параметр резьбы допуски указаны отдельно. При этом отдельно контролируют шаг, средний диаметр, половину угла профиля. Данный метод является сложным и трудоемким, поэтому используется для контроля точных резьб (калибров, резьбообразующего инструмента, специальных резьбовых деталей), а также используется при наладке технологического процесса и при исследовании причин дефектов.

Комплексный метод контроля применяют для резьбовых деталей, допуск среднего диаметра которых является суммарным допуском. Метод основан на одновременном контроле среднего диаметра, шага, половины угла профиля, внутреннего и наружного диаметров резьбы путем сравнения действительных размеров с предельными. Это обеспечивается использованием предельных калибров.

В крупносерийном и массовом производстве контроль предельными резьбовыми калибрами является основным. Также этот метод применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

Контроль резьбы калибрами.

В комплект для контроля цилиндрических резьб входят проходные **(ПР)** и

непроходные **(НЕ)** предельные калибры.

Рабочие калибры - калибры для проверки правильности размеров резьбы в процессе ее изготовления.

Контрольные калибры (контркалибры) - калибры для контроля или регулирования (установки) размеров рабочих калибров.

Для контроля размеров внутренней резьбы применяют, так называемые, резьбовые калибр-пробки (рисунок 4.1)

Свинчиваемость проходного калибра-пробки с гайкой означает, что средний диаметр резьбы гайки не выходит за установленный наименьший предельный

Рисунок 41

размер, а погрешности угла профиля и шага резьбы гайки компенсированы соответствующим увеличением среднего диаметра. Вместе с тем проверка данным калибром гарантирует, что наружный диаметр гайки не меньше наружного диаметра болта

Непроходной калибр-пробка, как правило, не должен ввинчиваться в гайку. Допускается ввинчивание:

- для глухих резьб - не более чем на два оборота;
- для сквозных резьб - не более чем на два оборота с каждой стороны).

Для коротких резьб (до четырех витков) ввинчивание непроходного калибра-пробки допускается:

- для глухих резьб - до двух оборотов с одной стороны;
- для сквозных резьб - до двух оборотов в сумме с двух сторон.

Проверка непроходной резьбовой пробкой гарантирует, что средний диаметр гайки не больше установленного предельного размера.

Для контроля размеров наружной резьбы применяют, так называемые, резьбовые

калибр-кольца (рисунок 4.2).

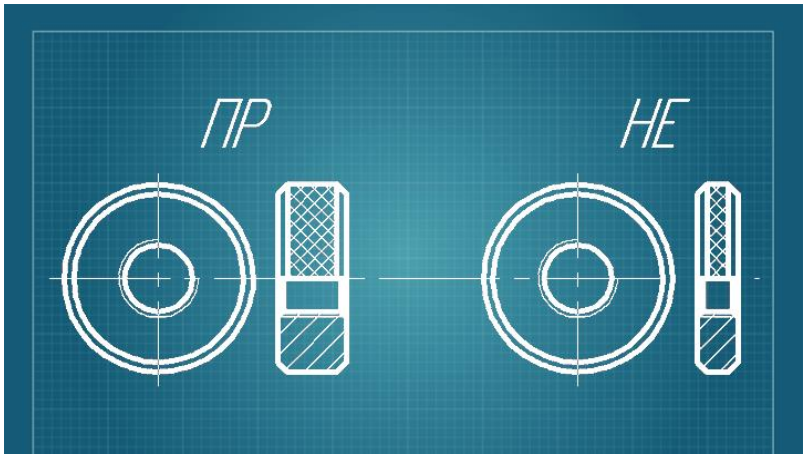


Рисунок 4.2

Проходное резьбовое кольцо должно навинчиваться на проверяемый болт или аналогичный тип крепежа, что свидетельствует о том, что средний диаметр резьбы болта не выходит за установленный наибольший предельный размер и что погрешности угла профиля и шага резьбы болта компенсированы соответствующим уменьшением среднего диаметра. Также проверка этим калибром гарантирует, что внутренний диаметр болта не больше внутреннего диаметра гайки. Непроходное резьбовое кольцо, как правило, не должно навинчиваться на болт. Допускается навинчивание не более чем на два оборота.

Проходные резьбовые калибры имеют полный профиль резьбы (рисунок 4.3, а) и длину, равную длине свинчивания. Фактически они должны быть прототипом сопрягаемой детали.

Непроходные резьбовые калибры имеют укороченный профиль (рисунок 4.3, б) с минимальной длиной сторон профиля резьбы и сокращенное число витков. Это делается для того чтобы уменьшить влияние погрешностей половины угла профиля и шага и контролировать только средний диаметр.

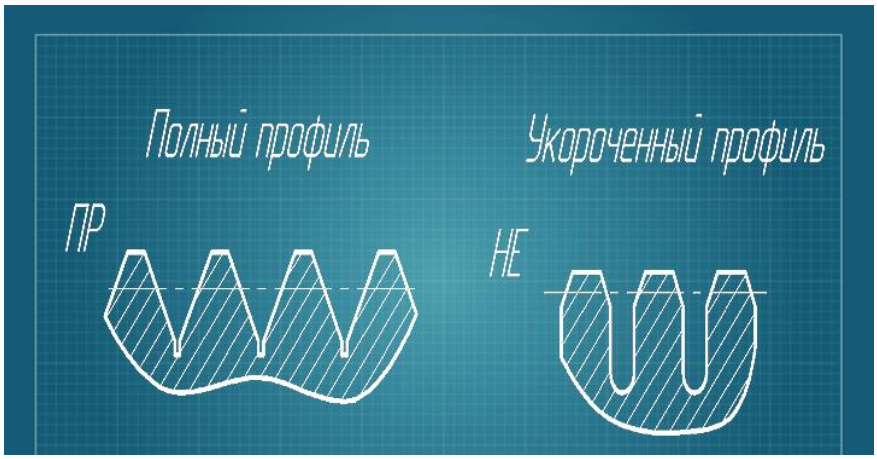


Рисунок 4.3

Вместо жестких резьбовых калибров-колец можно применять проходные и непроходные регулируемые калибры-кольца (рисунок 4.4).

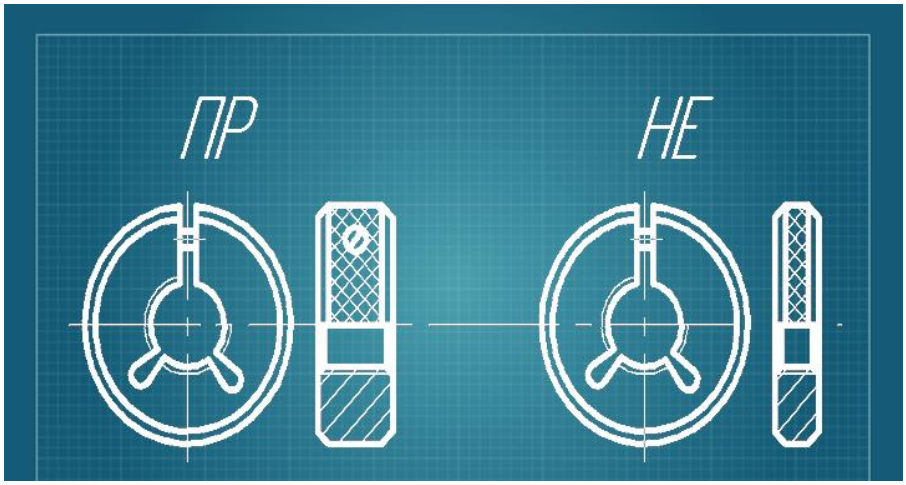


Рисунок 4.4

В конструкции данных калибров предусмотрен специальный регулировочный винт, с помощью которого, в условиях измерительной лаборатории по специальным установочным калибрам, производится настройка калибра на заданный размер и компенсация износа.

Для контроля наружной резьбы используют также роликовые резьбовые скобы (рисунок 4.5)

Рисунок 4.5

Двухпредельная роликовая скоба имеет две пары роликов, у которых профиль резьбы и расстояние между средними диаметрами резьбы первой пары соответствует проходному кольцу, а те же параметры второй пары - непроходному. Ролики установлены с эксцентриситетом, что дает возможность производить регулировку размера. Применение резьбовых скоб позволяет производить измерения деталей в центрах и значительно сокращает вспомогательное время контроля, потому что не требуется навинчивание. Резьбовые скобы имеют более длительный срок эксплуатации, чем кольца.

Ход работы:

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Внимательно изучите теоретическое обоснование к работе.
3) Письменно ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1) На чем основан и когда применяют комплексный метод контроля цилиндрических резьб.
2) Что входит в комплект для контроля цилиндрических резьб.
3) Проходные или непроходные калибры должны свинчиваться с проверяемой резьбой?
4) Что означает свинчиваемость калибра с гайкой.
5) В чем заключается отличие резьбового микрометра от гладкого?
6) Опишите дифференцированный метод.

Какой из методов контроля резьбы наиболее трудоемкий, сложный и менее точный? Охарактеризуйте его. **Содержание отчета**

1) Запишите тему, номер и цель работы
2) Внимательно изучите теоретическое обоснование работы
3) Ход работы
4) Письменно ответьте на контрольные вопросы

Литература

1) Ганевский Г.М., Гольдин И.И.Допуски, посадки и технические измерения. – М.: Высшая школа, 1998, с.195..205.
2) Иванов И.А, Урушев С.В. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте.- М.: Издательский центр «Академия», 2013.

Практическое занятие№ 16

Тема: Изучение нормативных документов ПР 50.2.006-94 - Порядок проведения поверки средств измерений.

Цель: изучение правил организации и порядка проведения поверки средств измерений.

Студент должен

знать: правила организации и порядок проведения поверки средств измерений.

уметь: использовать требования нормативных документов ПР 50.2.006-94 при проведении поверки средств измерений.

Теоретическое обоснование

Поверкой средств измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения и оценки погрешностей средств измерений. Цель поверки - выяснить, соответствуют ли точностные характеристики приборов значениям, указанным в технической документации, и пригодно ли средство

измерения к применению. Вид поверки определяют в зависимости от того, какой метрологической службой проведена поверка, от характера поверки (инспекционная, экспертная), каков этап работы средства измерений (первичная, периодическая, внеочередная). Организацию и поверку средств измерений проводят согласно ГОСТ 8.002-86 и ГОСТ 8.513-84.

Государственную поверку проводят территориальные органы Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации - центры стандартизации, метрологии и сертификации. Государственной поверке подлежат средства измерений, применяемые в качестве исходных образцов при проведении государственных испытаний и метрологической аттестации, градуировке и поверке на предприятиях, выпускаемые в обращение из производства или после ремонта, и многие другие. Конкретная номенклатура средств измерений, подлежащих обязательной госповерке утверждается, Госстандартом России.

Ведомственной поверке подлежат средства измерений, не указанные в перечне средств измерений, подлежащих обязательной государственной поверке, например, средства контроля режимов технологических процессов деталей, узлов готовой продукции.

В зависимости от того, на каком этапе эксплуатации средств измерений проводят поверку, она может быть:

первичной - которой подвергаются все средства измерений после изготовления, а также все средства измерений после ремонта;

периодической - которую проводят при эксплуатации и хранении средств измерений через определенные межповерочные интервалы, (межповерочные интервалы, установленные с расчётом обеспечения пригодности к применению СИ на период между поверками), чаще всего – один раз в год, но не реже одного раза в пять лет. установленные при проведении государственных приемочных испытаний.

внеочередной - которую проводят при эксплуатации и хранении средств измерений с целью установления их исправности вне зависимости от сроков периодической поверки в соответствии с определенными требованиями НТД на методы и средства поверки.

инспекционной – которую производят для выявления пригодности к применению средств измерений при осуществлении государственного метрологического надзора, результаты инспекционной поверки отражают в акте проверки, поверку производят в присутствии представителя проверяемого юридического или физического лица.

В основу классификации применяемых методов поверки положены следующие признаки, в соответствии с которыми средства измерения могут быть поверены:

без использования компаратора (прибора сравнения), т.е. непосредственным сличением поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида;

сличением поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида с помощью компаратора;

прямым измерением поверяемым измерительным прибором величины, воспроизводимой образцовой мерой;

прямым измерением образцовым измерительным прибором величины, воспроизводимой подвергаемой поверке мерой;

косвенным измерением величины, воспроизводимой мерой или измеряемой прибором, подвергаемым поверке.

В большинстве случаев поверка состоит из следующих операций, совершаемых со средством измерения:

- *внешний осмотр*, при котором проверяют комплектность документации, наличие всех необходимых деталей и элементов, клейм, знаков; отсутствие внешних дефектов и так далее;

- *проверка работоспособности*, проводится для всех элементов СИ и на всех режимах;

- *экспериментальное определение метрологических характеристик* СИ с целью установления их соответствия требованиям нормативной и технической документации.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, применяющие СИ в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, обязаны своевременно представлять эти СИ на поверку, согласно графика (Приложение А).

Поверка измерительных приборов. В зависимости от конструкции, назначения, технических возможностей и экономической целесообразности определяются метрологические характеристики, подлежащие контролю, и способ поверки. В ходе поверки устанавливают состояние и комплектность технической документации, в состав которой входят:

тех. документация по ГОСТ 2.601-78;

свидетельство о последней поверке;

электрическая схема соединений элементов;

перечни и значения метрологических характеристик;

методики измерения и расчета метрологических характеристик;

свидетельство по результатам метрологической аттестации.

После ознакомления с состоянием и комплектностью технической документации с учетом стадий выпуска из производства, эксплуатации, хранения и ремонта, а также вида поверки производят внешний осмотр, опробование и контроль (определение) метрологических характеристик.

Поверка в простейшем случае заключается в следующем: в соответствии с требованиями НТД на методы и средства поверки приборов на вход подают образцовые значения измеряемых величин; затем сравнивают результаты измерений на выходе поверяемого прибора с соответствующими поданными на вход прибора значениями образцового сигнала или показаниями образцового прибора, в результате чего определяют значения погрешности.

Определяют метрологические характеристики поверяемого прибора производят с использованием статистических методов обработки значений погрешности измерительных приборов.

Порядок набора статистических данных и методы статистической обработки должны быть приведены в НТД на методы и средства поверки конкретного прибора.

На основании полученных данных анализируют результаты поверки и принимают решение о годности измерительного прибора для дальнейшего применения. В случае положительных результатов поверки оформляется свидетельство на измерительный прибор, при отрицательных результатах оформляют извещение о непригодности измерительного прибора к эксплуатации (смотри Приложение Б, В).

Ход работы

1) Изучить основные теоретические положения.
2) Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1) Что называют поверкой средств измерений? В чем ее сущность?
2) Охарактеризуйте виды поверок зависимости от этапа эксплуатации средств измерений.
3) Назовите методы поверки.
4) Какие операции выполняют в ходе проведения поверки?
5) Что входит в состав технической документации, рассматриваемой в ходе поверки?
6) Какие выносят решения по итогам поверки?

Содержание отчета

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Ход работы.
3) Письменно ответить на контрольные вопросы.

Литература

1) Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. – М.: Высшая школа, 2001.
2) Никифоров А.Д. Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.: Высшая школа, 2002.

Практическое занятие№ 17

Тема: Решение задач по расчету допусков и посадок.

Цель: Научиться производить расчет допусков и посадок.

Студент должен

знать: основные понятия и определения по допускам и посадкам, понятие о квалитете и способах образования посадок;

уметь: определять предельные отклонения и размеры элементов детали; определять характер посадки, строить графическое изображение полей допусков и посадок.

Теоретическое обоснование

В машиностроении наиболее часто применяются размеры до 500 мм, то именно этот диапазон мы и будем рассматривать в дальнейшем.

Размеры выражают числовые значения и делятся на номинальные, действительные и предельные.

Номинальный размер (D) - размер, относительно которого определяют предельные размеры и отсчитывают предельные отклонения. Сопрягаемые поверхности имеют общий номинальный размер

Предельные размеры - два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Больший из двух предельных размеров называют наибольшим предельным размером (D_{max}, d_{max}), а меньший - наименьшим предельным размером (D_{min}, d_{min}).Предельные размеры позволяют оценивать точность обработки деталей.

Отклонением называют алгебраическую разность между размером (действительным, предельным) и соответствующим номинальным размером. Отклонения отверстий обозначают E, валов e.

Предельное отклонение равно алгебраической разности предельного и номинального размеров. Различают верхнее и нижнее отклонения. Верхнее отклонение (ES, es) равно алгебраической разности наибольшего предельного и номинального размеров:

$$ES = D_{max} - D;\ es = d_{max} - d \qquad (6.1)$$

Нижнее отклонение (EI, ei) равно алгебраической разности наименьшего предельного и номинального размеров:

$$EI = D_{min} - D;\ ei = d_{min} - d \qquad (6.2)$$

Разброс действительных размеров неизбежен, но при этом не должна нарушаться работоспособность деталей и их соединений, т.е действительные размеры должны находится в допустимых пределах, которые в каждом конкретном случае определяются предельными размерами или предельными отклонениями.

Отсюда и происходит понятие допуск размера.

Допуск (TD - отверстия, Td - вала) равен разности наибольшего и наименьшего предельных размеров:

$$TD = D_{max} - D_{min};\ Td = d_{max} - d_{min} \qquad (6.3)$$

Поле допуска - поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера.

Точность размеров определяется допуском с уменьшением допуска точность повышается, и наоборот. Однако значение допуска без учета величины и характера размера, назначения и условий работы детали не может служить мерой точности. Это объясняется следующим.

• Каждый технологический метод обработки деталей характеризуется своей экономически обоснованной оптимальной точностью, но на практике показывает, что с увеличением размеров возрастают технологические трудности обработки деталей с малыми допусками и оптимальные допуски при неизмененных условиях обработки несколько увеличиваются. Обобщение опыта обработки деталей на металлорежущем оборудовании позволило выразить взаимосвязь между экономически достижимой точностью и размерами с помощью условной величины, называемой единицей допуска.

Единица допуска i(I) выражает зависимость допуска от номинального размера и служит базой для определения стандартных допусков.

• К размерам, даже имеющим одинаковые значения, могут предъявляться различные требования в отношении точности. Это объясняется большим разнообразием механизмов, а также узлов и деталей, отличающихся конструкциями, назначением и условиями работы. Поэтому стандартная система допусков и посадок содержит ряд квалитетов.

Квалитетом называют совокупность допусков, соответствующих одинаковой точности для всех номинальных размеров.

Допуск для квалитетов за некоторым исключением устанавливают по формуле:

$$T = a\, i(I) \qquad (6.4)$$

где а - число единиц допуска.

В пределах одного и того же квалитета а постоянно, поэтому все номинальные размеры в каждом квалитете имеют одинаковую степень точности. Однако допуски в одном и том же квалитете для разных размеров все же изменяются, так как с увеличением размеров увеличивается единица допуска. В системе допусков и посадок СЭВ для гладких цилиндрических соединений допуски отверстий и валов обозначают IT, что означает "допуск ИСО". В ЕСДП СЭВ для размеров до 10000 мм установлено 19 квалитетов: 01,0,1,2,....,17.В порядке убывания точности допуски квалитетов условно обозначаются 1Т01, ПО, 1Т2,.....,

1Т16,1Т17. Допуски для размеров до 500 мм приведены в таблице 3.

При графическом изображении поля допусков показывают зонами, которые ограничены двумя линиями, проведенными на расстояниях, соответствующих верхне- и нижнему отклонениям Положение поля допуска относительно номинального размера или нулевой линии определяется одним из двух отклонений

- верхним или нижним, которое называют основным, в системе допусков и посадок СЭВ за основное отклонение принято меньшее из двух отклонений по абсолютному значению, т. е. ближайшее к нулевой линии.

Зазоры и натяги обеспечиваются не только точностью размеров отдельно взятых деталей, но главным образом соотношением размеров сопрягаемых поверхностей - посадкой.

- Посадкой называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадки характеризуют свободу относительного перемещения соединенных деталей или их способность сопротивляться взаимному смещению. В зависимости от расположения полей допусков отверстия и вала посадки подразделяют на три группы:

1) посадки с зазором обеспечивают зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала);
2) посадки с натягом обеспечивают натяг в соединении (поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия);
3) переходные посадки дают возможность получать в соединении как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются).

Посадки в системе отверстия - это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием, смотрите рисунок 6.1.

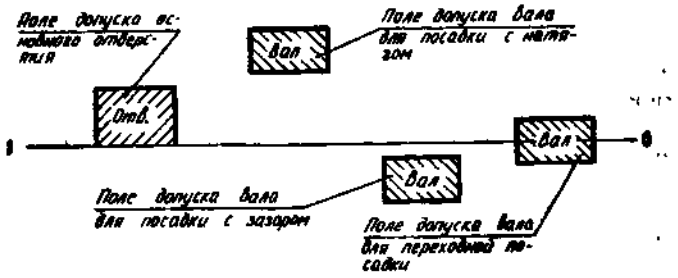


Рисунок 6.1- Графическое изображение посадок в системе отверстия

Посадки в системе вала - это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом.

В практике машиностроения предпочтение отдается системе отверстия, поскольку изготовить отверстие и измерить его значительно труднее и дороже, чем изготовить и измерить с той же точностью вал такого же размера.

Ход работы

Задание 1. Выбираем вариант работы согласно номеру в журнале. Каждому варианту соответствует соединение вала и отверстия, смотрите таблицу 6.1. Нужно определить предельные отклонения отверстия и вала, рассчитать предельные размеры деталей.

Таблица 6.1 – Исходные данные

Вариант	Диаметр отверстия	Диаметр вала

1	$10^{+0,019}$	$10^{+0,032}_{+0,020}$
2	$18^{+0,033}$	$18_{-0,021}$
3	$18^{+0,025}$	$18^{+0,042}_{+0,026}$
4	$50^{+0,02}$	$50^{+0,05}_{+0,03}$
5	$20^{+0,006}_{-0,015}$	$20^{-0,020}_{-0,041}$
6	$22^{-0,007}_{-0,028}$	$22^{+0,028}_{+0,015}$
7	$8^{+0,015}$	$8_{-0,015}$
8	$8^{-0,005}_{-0,023}$	$8_{-0,036}$
9	$20^{-0,007}_{-0,028}$	$20^{+0,015}_{+0,002}$
10	$60^{+0,02}$	$60^{-0,03}_{-0,06}$

1) Определяем параметры и предельные размеры деталей:

для отверстия - ES ,EI ,D_{max},D_{min};
для вала - es ,ei ,d_{max} ,d_{min}

2) Расчитываем допуск на размер:

отверстие $TD=D_{max} - D_{min}$; (6.5)
$TD= ES - EI$

вал $Td = d_{max} - d_{min}$; (6.6)
$Td = es - ei$

3) Строим графическое изображение полей допусков вала и отверстия, смотри рисунок 6.1, указываем предельные размеры деталей, допуск размера детали (для отверстия и для вала), характер соединения.

Задание 2. По заданному в таблице 6.2 номинальному размеру и поле допуска вала определите по таблице 6.3 допуск на размер вала.

Таблица 6. 2 - Размеры вала

Вариант	Поле допуска вала

1	ø25h7
2	ø 50h8
3	ø 8n6
4	ø 3d10
5	ø 60h6
6	ø 18h9
7	ø 8f7
8	ø 35e5
9	ø 30p12
10	ø 50h7

Таблица 6.3 – Допуски для размеров до 500 мм (СТ СЭВ 145 - 75)

Интервал размеров, мм	Значение допуска для квалитета								
	5	6	7	8	9	10	11	12	13
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140
Св. 3 до6	5	8	12	18	30	48	75	120	180
6до10	6	9	15	22	36	58	90	150	220
10 до18	8	11	18	27	43	70	110	180	270
18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330
30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390
50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460
80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540
120до180	18	25	40	63	100	160	250	400	630
180до250	20	29	46	72	115	185	290	460	720
250до315	23	32	52	81	130	210	320	520	810
315до400	25	36	57	89	140	230	360	570	890
400до500	27	40	63	97	155	250	400	630	970

Задание 3. Выбираем из таблицы 6. 4 вариант работы согласно номеру в журнале. Каждому варианту соответствует 3 вида соединения. Нужно определить предельные отклонения отверстия и вала, используя таблицы 6.2, 6.3, 6.4; рассчитать предельные размеры деталей, определить характер посадки, вычислить значения зазоров и натягов и выполнить графическое изображение посадок.

Таблица 6.4

Вариант	1	2	3
1	ø25H8/h7	ø 36N7/p6	ø 25H8/js6
2	ø 50E9/h8	ø 15H8/e8	ø 8H7/js6
3	ø 8H7/n6	ø 30H7/s6	ø 16H9/s6

4	ø 10N7/d6	ø 12P7/h6	ø 18H9/f7
5	ø 60E9/h6	ø 10H7/r6	ø 18R6/h9
6	ø 18Js7/h6	ø 22H8/n6	ø 20F8/d9
7	ø 8H7/f7	ø 75H8/k6	ø 20F7/s8
8	ø 35H8/e8	ø 8H7/r6	ø 8H7/n6
9	ø 30E9/h8	ø 60H7/js6	ø 50N7/h6
10	ø 50K7/h8	ø 10N7/n6	ø 18H9/g6
11	Ø55H8/h9	ø 50E9/h8	ø 60F8/e6
12	ø 8K7/g6	ø25H8/h7	ø 12P7/h6
13	ø 60F8/js6	ø 8H7/s6	ø 18Js7/h6
14	ø 18P7/n6	ø 8H7/n6	ø 22R6/h9
15	ø 60E9/h6	ø 24K7/h8	ø 15H8/e8
16	ø 35H8/d9	ø 60K7/h6	ø 50P7/k6
17	ø 50E9/h8	ø 8Js7/h6	ø 16H9/d9
18	ø 8H7/s6	ø 10N7/k6	ø 12Js7/h9
19	ø 24Js7/h9	ø 8H7/p6	ø 60F8/js6
20	ø 8H7/g6	ø 22P7/h6	ø 20F8/d9
21	ø 40F8/e8	ø 60F8/js6	ø 8H8/e8
22	ø 18P7/n6	ø 25H7/f7	ø 30Js7/h9
23	ø 18Js7/h6	ø 10H7/r6	ø 22F8/s6
24	ø25H8/h7	ø 16E9/h6	ø 12N7/e8
25	ø 8H7/p6	ø 20Js7/h7	ø 30F8/r6

Контрольные вопросы

1) Какие поверхности называются сопрягаемыми?
2) Что такое посадка. Как классифицируются посадки?
3) Как определяется допуск размера и допуск посадки.
4) Дайте объяснение понятиям «посадка в системе отверстия» и «посадка в системе вала».
5) Дайте определение понятиям «поле допуска» и «квалитет», укажите их взаимосвязь.

Содержание отчета

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Ход работы.
3) Письменно ответить на контрольные вопросы.

Литература

1) Ганевский Г.М. Допуски, посадки и технические измерения.- М.: Высшая школа,1998, с.34..62.
2) Никифоров А.Д. Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:Высшая школа, 2002.

Практическое занятие№ 18

Тема: Условные обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей отдельных элементов деталей.

Цель: Научить читать условные обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей отдельных элементов деталей.

Студент должен:

знать:

условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей;

уметь:

читать условные обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей отдельных элементов деталей.

Теоретическое обоснование

Любую деталь можно представить как совокупность геометрических, идеально точных объемов, имеющих цилиндрические, плоские, конические, эвольвентные и другие поверхности. В процессе изготовления деталей и эксплуатации машин возникают погрешности не только размеров, но также формы и расположения номинальных поверхностей.

Отклонения поверхностей деталей возникают в процессе обработки заготовок из-за неточности и деформации станка, неточности и износа режущего инструмента, неточности зажимных устройств, деформации заготовок во время обработки, неравномерности величины припуска на обработку, неодинаковой по длине и диаметру твердости заготовки и т. д.

К отклонениям поверхностей деталей относят:

- отклонения формы поверхности;
- отклонения расположения данной поверхности относительно других поверхностей;
- величину шероховатости окончательно обработанной поверхности элемента детали.

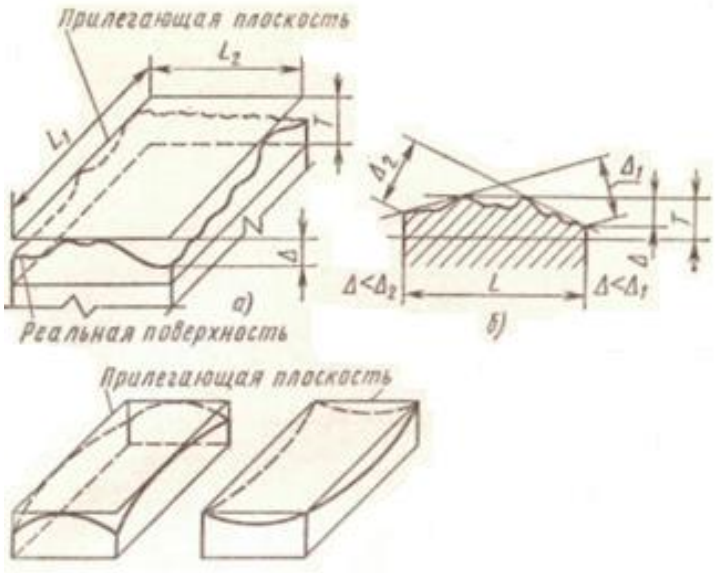


Рисунок 7.1

Отклонения формы, а часто и расположения поверхностей оценивают наибольшим отклонением Δ. При этом должно обеспечиваться условие Δ ≤ Т, где Т — допуск формы или расположения.

Поле допуска формы представляет собой область в пространстве (рисунок 7.1, *а*) или на плоскости (рисунок 7.1, *б*), внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля.

Номинальное расположение поверхности, оси или профиля определяется номинальными линейными или угловыми размерами между рассматриваемой поверхностью (прямой, профилем) и базой.

Базой называют элемент детали (поверхность, ось, точку), по отношению к которому заданы допуски расположения.

Зависимым называют переменный допуск расположения, который указывается на чертежах своим минимальным значением и может быть превышен на величину предельных отклонений вала или отверстия.

Независимым называют допуск расположения (формы), постоянный для всех одноименных деталей и не зависящий от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

В таблице 7.1 приведены условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей и суммарные допуски формы и расположения поверхностей.

Условные обозначения допусков помещают в прямоугольную рамку, разделенную на две или три части (рисунок 7.3, *а)*. В первой проставляют условный знак допуска, во второй — числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей — буквенное обозначение базы или другой поверхности, к которой относится отклонение.

Рамки вычерчивают сплошными тонкими линиями и располагают горизонтально. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел, а высота рамки — на 2...3 мм больше. Не допускается пересекать рамку какими-либо линиями. В случае необходимости рамку можно располагать вертикально.

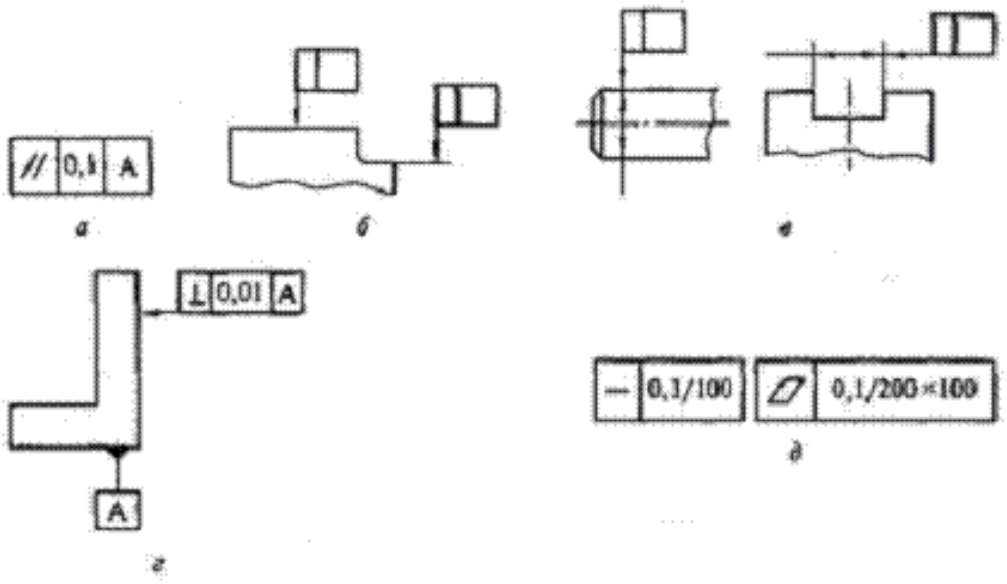


Рисунок 7.2 – Условные обозначения допусков расположения и формы на чертежах

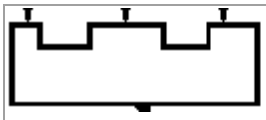
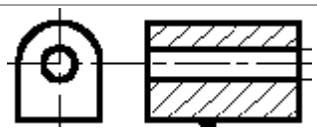
Таблица 7.1 - Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей

Группа допусков	Допуск (вид)	Условный знак
Допуски формы	Прямолинейности Плоскостности Круглости Цилиндричности Профиля продольного сечения	— ▱ ○ ⌭ ⌓
Допуски расположения	Параллельности Перпендикулярности Наклона Соосности Симметричности Позиционный Пересечения осей	// ⊥ ∠ ◎ ⌯ ⌖ X
Суммарные допуски формы и расположения	Радиального биения Торцевого биения Биения в заданном направлении	↗
	Полного радиального биения Полного торцевого биения	⌰
	Заданного профиля Формы заданной поверхности	⌒ ⌓

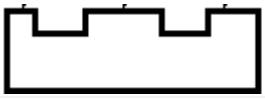
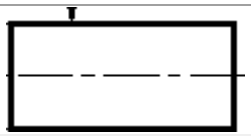
Практическое задание

1) Прочитайте чертеж элемента детали, т.е определите форму детали, виды возможных отклонений. Сделайте чертеж элемента детали и укажите необходимые отклонения согласно условным обозначениям ЕСКД ГОСТ 2.308-79

1 Вариант

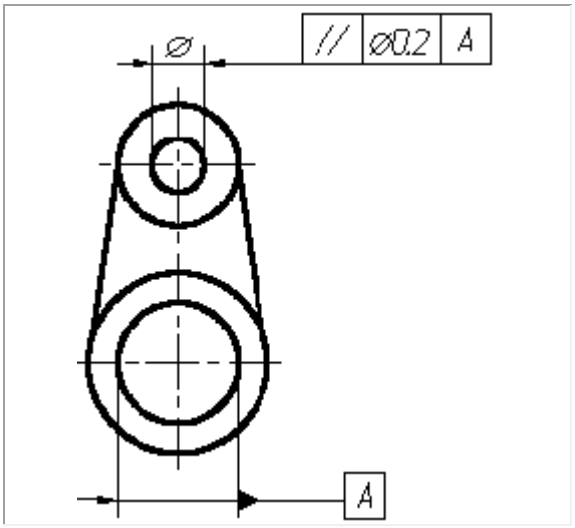
	Допуск параллельности каждой поверхности относительно поверхности А 0,1 мм.
	Допуск параллельности оси отверстия относительно основания 0,05 мм.

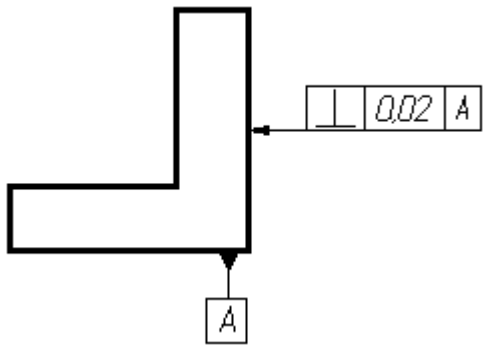
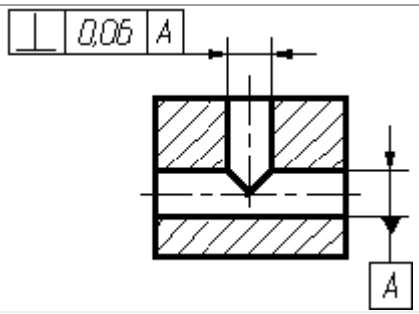
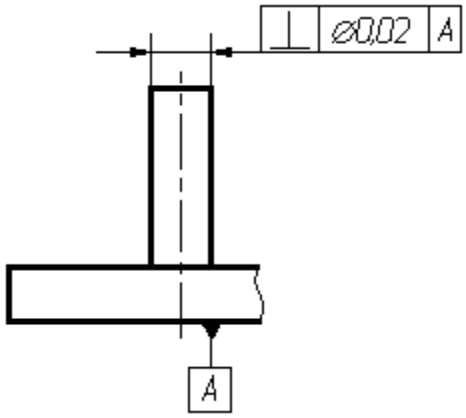
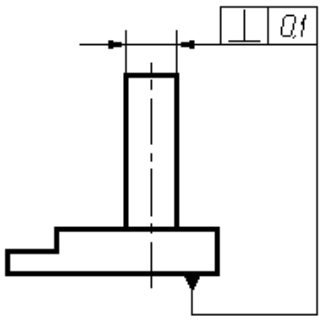
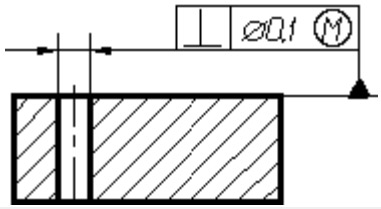
2 Вариант

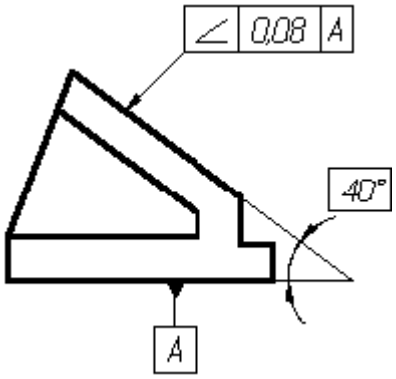
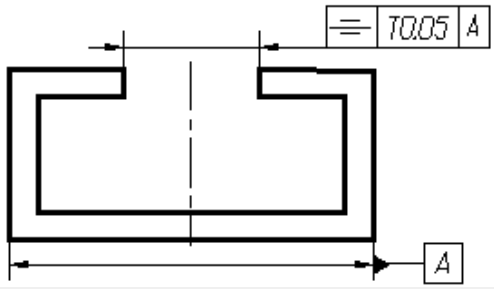
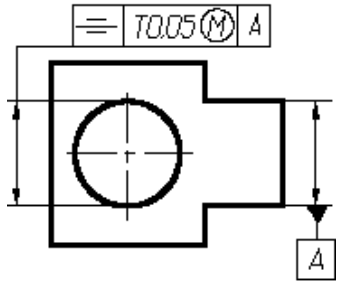
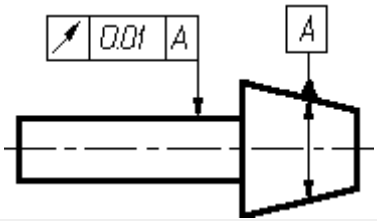
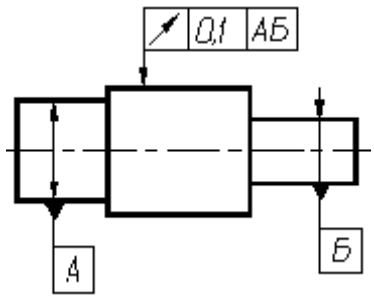
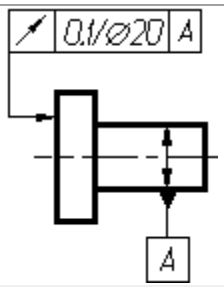
	Допуск плоскостности каждой поверхности 0,01 мм
	Допуск круглости вала 0,02 мм.

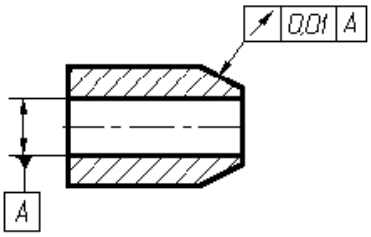
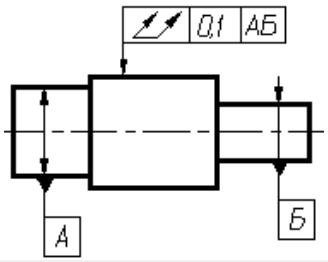
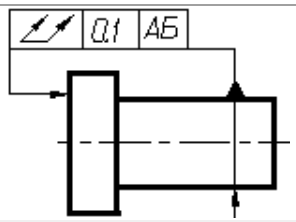
2) По указанным условным обозначениям на чертеже деталей допусков формы и расположения проведите письменные пояснения к чертежу.

Таблица 7.2 – Практическое задание 2

 0,02 A A	
 0,06 A A	
 ⌀0,02 A A	
 0,1	
 ⌀0,1 Ⓜ	

 0,08 A 40° A	
 T0,05 A A	
 T0,05 M A A	
 0,01 A A	
 0,1 АБ А Б	
 0,1/⌀20 A A	

Ход работы:

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Изучите теоретическое обоснование работы.
3) Выполните и оформите практическое задание
4) Письменно ответьте на контрольные вопросы.
5) Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1) Что относят к отклонениям поверхностей деталей?
2) Какую поверхность называют номинальной?
3) Что называют отклонением формы поверхности?
4) Что называют отклонением расположения?
5) Какой допуск называют зависимым?
6) Как изображают условные обозначения допусков на чертежах

Содержание отчета

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Ход работы.
3) Письменно ответить на контрольные вопросы.

Литература

1) Иванов И.А., Урушев С.В. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте. М.: Издательский центр" Академия", 2009.
2) Ганевский Г.М., Гольдин.И.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. - М.: Высшая школа, 1998, с.185..191
3)

Практическое занятие№ 19

Тема: Изучение средств измерений для контроля шероховатости поверхности.

Цель: Ознакомиться с видами контроля шероховатости поверхностей контактным методом с помощью щуповых приборов (профилометров и профилографов) и бесконтактным методом с помощью оптических приборов.

Студент должен:

знать:

методы контроля шероховатости поверхностей; виды приборов для контроля шероховатости поверхности; параметры шероховатости определенных видов обработки;

уметь:

дать характеристику и предназначение щуповых приборов и приборов оптического контроля шероховатости поверхности.

Теоретическое обоснование

Поверхности деталей не бывают совершенно гладкими. При отливке, прокате, штамповке, механической обработке на поверхностях деталей образуются неров-ности в виде чередующихся выступов и впадин разных размеров. Эти неровности можно рассмотреть через увеличительное стекло (лупа) или на специальных приборах.

Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины, называется ш е р о х о в а т о с т ь ю поверхности.

Шероховатость поверхности оказывает заметное влияние на эксплуатационные свойства детали. Чем глаже поверхность, тем меньше трение и износ деталей, тем выше коэффициент полезного действия механизмов, прочность и антикоррозионная стойкость, красивее внешний вид изделия. Шероховатость поверхностей деталей влияет и на герметичность их соединений.

Шероховатость поверхности имеет свои характеристики: геометрическую величину неровностей, способность сцепления поверхности с покрытием, отражающую способность и др. Однако главной характеристикой шероховатости в машиностроении является ее геометрическая величина. Государственный стандарт на шероховатость поверхности устанавливает единый подход к определению величины шероховатости - основой для этого является профиль шероховатости и его параметры.

Шероховатость является существенным геометрическим показателем качества поверхности детали. Однако нельзя завышать параметры шероховатости поверхности более, чем требуется для ее функционирования, так как при повышении точности изготовления и достижении высокого качества поверхности резко возрастает стоимость обработки.

Количественно шероховатость поверхности оценивается такими основными параметрами:

· среднее арифметическое отклонение профиля – Ra;
· наибольшая высота неровностей профиля – Rmax;
· средний шаг неровностей профиля – Sm;
· средний шаг неровностей профиля по вершинам – S;
· опорная длина профиля – ηp;
· относительная опорная длина профиля – tp;
· высота неровности профиля по десяти точкам (сумме средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов) – Rz.

Сравнительный бесконтактный метод основан на сравнении реальной поверхности изделия с образцами шероховатости, которые имеют стандартные значения параметра Ra (ГОСТ 9378-93) и изготавливаются для определенных способов обработки материалов. Контрольные образцы представляют собой набор пластин или образцовых деталей, которые обработаны с определенной шероховатостью , полученной точением, фрезерованием, строганием, шлифованием, полированием, доводкой, выполненной на разных материалах.. Этот метод является простым и доступным, обеспечивает достоверность контроля при Ra >1,25 мкм и Rz >10 мкм и широко применяется в цеховых условиях. Для повышения точности оценки используют сравнительные микроскопы, в которых рядом ставят образец и контролируемую деталь. Вместо образцов шероховатости могут быть также применены аттестованные образцовые детали. Этот метод находит применение при единичном производстве изделий.

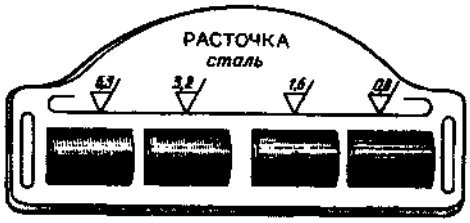


Рисунок 8.1 - Эталоны для шероховатости методом сравнения

Образец шероховатости представляет собой пластинку, одна из поверхностей которой обработана с образцовой шероховатостью и аттестована по параметру Ra на профилометре. Пластинки собирают в обоймы по 4 штуки, причем так, чтобы значение R_a соседних пластин отличалось на величину, заданную ГОСТом на эти образцы шероховатости. Чтобы легче было сравнивать сопоставляемые поверхности, пользуются лупой.

Механический контактный метод предусматривает измерение параметров шероховатости с помощью щуповых приборов (профилометров и профилографов). Числовые значения параметров шероховатости определяются либо непосредственно по шкале прибора (профилометров), либо по увеличенным изображениям профиля или записанной профилограмы разреза (профилографов). При контактных методах измерения шероховатости поверхности по контролируемой поверхности перемещается алмазная или стальная игла (с

радиусом закругления 1 ÷ 12 мкм). При этом она осуществляет микроперемещения по направлению своей оси, соответствующие изменению профиля поверхностных неровностей. Эти микроперемещения усиливаются и регистрируются отсчетными устройствами. Профилографы позволяют автоматически получить увеличенную запись микропрофиля поверхности в виде профилограммы

На рисунке 8.2, а - показан профилограф-профилометр, а на рисунке 8.2, б - принцип действия этого щупового прибора.

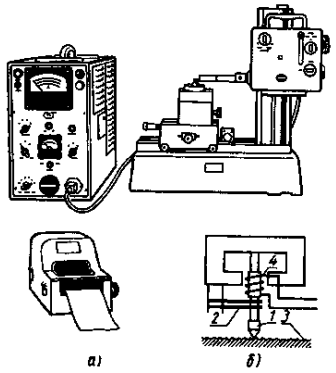
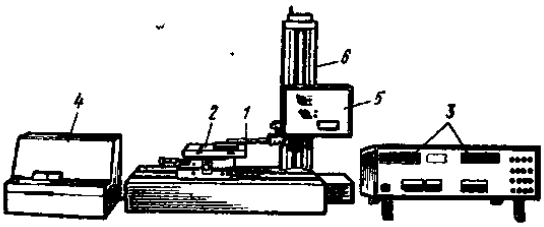


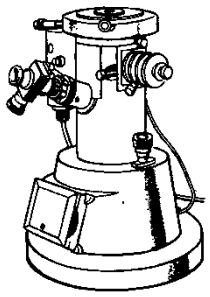
Рисунок 8.2 – Портативный профилометр

Профилограф-профилометр модели 250, изображенный на рисунке 8.3, а, позволяет измерять все параметры шероховатости. Прибор снабжен индуктивным датчиком 1 с иглой, которая находится в контакте с поверхностью детали 2. Полученные в микрометрах значения измеренных параметров шероховатости Ra, Rmax, Sm, t_p высвечиваются в окнах цифровой индикации 3. Прибор снабжен самописцем 4, позволяющим получить на бумаге графическое изображение реального профиля поверхности. По профилограмме можно определить параметры R_z и S. При этом скорость движения иглы датчика и ее смещение вдоль исследуемой поверхности задаются мотоприводом 5, смонтированным на стойке 6. С помощью профилографа-профилометра можно измерять параметры шероховатости поверхности отверстий с наименьшим диаметром 3 мм (при глубине 5 мм). При работе в режиме профилографа возможно получить профилограмму при увеличении 100…100 000^x по вертикали и 0,5…2000^x по горизонтали.

Оптический метод представляет собой измерение параметров шероховатости бесконтактными оптическими приборами (двойными микроскопами, микроинтерферометрами и др.). Оптические приборы для измерения параметров шероховатости поверхности (ГОСТ 9847-79) основаны на принципе одновременного преобразования профиля поверхности и предназначены для измерения параметров Rmax; Rz; S по ГОСТ 2789-73.

Стандартом устанавливаются следующие типы приборов: ПТС – приборы теневого сечения; ПСС – приборы светового сечения; МОМ – микроскопы однообьективные муаровые; МИИ – микроскопы интерференционные, действие которых основано на двухлучевой интерференции света; МПИ – микроскопы-профилометры интерференционные, действие которых основано на интерференции света с образованием полос равного хроматического порядка





а) б)

а) Профилограф - профилометр модели 250; б) интерфереционный микроскоп

Рисунок 8.3

Для бесконтактного измерения шероховатости применяют двойной микроскопМИС-11 (Rz = 1,6…80 мкм), микроинтерферометры МИИ-4 и МИИ-11 (Rz =0,05…1 мкм), МИИ-100 (для оценки шероховатости в трудно доступных местах по отпечатку поверхности) и другие оптические приборы. В настоящее время для оценки шероховатости применяют лазерные устройства и приборы, измеряющие одновременно несколько параметров.

Ход работы:

1. Запишите номер, название и цель работы.
2. Изучите и опишите, что представляет собой образец шероховатости.
3. Изучите и охарактеризуйте принцип действия щуповых приборов.
4. Изучите и опишите бесконтактного метод измерения шероховатости.
5. Письменно ответьте на контрольные вопросы.
6. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение шероховатости поверхности.
2. Перечислите основные характеристики шероховатости.
3. Как влияет шероховатость на эксплуатационные свойства детали?
4. Что называется профилограммой?

Содержание отчета

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Ход работы.
3) Письменно ответить на контрольные вопросы.

Литература

1) Ганевский Г.М., Гольдин.И.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. - М.: Высшая школа, 1998, с.185..191.
2) Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. - М.: Высшая школа, 2001, с.156..163.

Практическое занятие№ 20

Тема: Изучение правил сертификации продукции, работ, услуг.

Цель: Закрепить основные теоретические положения по организации сертификации в РФ.

Студент должен:

знать: основные теоретические положения по организации сертификации в РФ.

Теоретическое обоснование

Сертификация услуг (работ) - это независимое подтверждение соответствия утвержденным требованиям с целью соблюдения «Закона о защите прав потребителей» поставщиком работ и услуг на территории Российской Федерации.

Ключевыми требованиями в основе сертификации услуг (работ) являются:

· соответствие качества выполняемых работ и услуг требованиям нормативно-технических документов;

· обеспечение стабильного качества выполняемых работ и услуг в соответствии с требованиями нормативно-технических документов.

Сертификат соответствия на продукцию -- это официальный документ утвержденной формы, подтверждающий качество продукции и строгое соответствие установленным стандартам (ГОСТам или ТУ). Сертификаты соответствия на продукцию выдают аккредитованные Органы по сертификации.

Сертификация продукции - это процесс подтверждения соответствия продукции требованиям установленных стандартов (ГОСТам или ТУ)

Сертификация продукции востребована в связи с:

· усилением значения фактора качества товаров и услуг;

· повышением конкурентоспособности продукции;

· разнообразием товаров с одинаковым функциональным назначением разного качества;

· все более усиливающейся конкуренцией товаропроизводителей;

· возрастающей необходимостью гарантии качества товаров и услуг потребителю;

· экспортом и импортом продукции.

Процесс сертификации продукции, услуг, работ, включает в себя следующие этапы:

· подача заявки на сертификацию продукции в Орган по сертификации;

· рассмотрение заявки и принятие решения;

· определение экспертного состава и исполнителей работ по сертификации;

· заключение договора;

· идентификация образцов и их испытания;

· оценки продукции;

· анализ полученных результатов и принятие решения о выдаче (или отказе в выдаче) сертификата соответствия;

· выдача сертификата и разрешения на применение знака соответствия;

· ежегодный инспекционный контроль над сертифицированной продукцией;

· корректирующие мероприятия при нарушении соответствия продукции установленным требованиям и неправильном применении знака соответствия.

Сертификация продукции (далее - сертификация) это деятельность по подтверждению соответствия продукции установленным требованиям.

Сертификация осуществляется в целях:

1. создания условий для деятельности предприятий, учреждений, организаций и предпринимателей на едином товарном рынке Российской Федерации, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле

2. содействия потребителям в компетентном выборе продукции;

3. защиты потребителям от недобросовестности изготовителя (продавца, исполнителя);

4. контроля безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;

5. подтверждения показателей качества продукции, заявленных изготовителем.

Сертификация может иметь обязательный и добровольный характер.

Отношения в области сертификации регулируются настоящим Законом и издаваемыми в соответствии с ним актами законодательства Российской Федерации.

1.1 Международные договора

Если международным договором Российской Федерации установлены иные правила, чем те, которые содержатся в законодательстве

Российской Федерации, то применяются правила международного договора.

1.2 Система сертификации

Система сертификации создается государственными органами управления, предприятиями, учреждениями и организациями и представляет собой совокупность участников сертификации, осуществляющих сертификацию по правилам, установленным в этой системе в соответствии с настоящими Законом.

В систему сертификации могут входить предприятия, учреждения и организации независимо от форм собственности, а также общественные объединения.

В систему сертификации могут входить несколько систем сертификации однородной продукции.

Системы сертификации подлежит государственной регистрации в установленном Госстандартом России порядке.

1.3 Сертификат и знак соответствия

Сертификат соответствия (далее сертификат) документ, выданный по

правилам системы сертификации для подтверждения соответствия сертифицированной продукции установленным требованиям.

Знак соответствия зарегистрированный в установленном порядке знак, которым по правилам, установленным в данной системе сертификации, подтверждается соответствие маркированной им продукции установленным требованиям.

Порядок государственной регистрации знаков соответствия устанавливается Госстандартом России.

Правила применения знака соответствия устанавливаются конкретной системой сертификации в соответствии с правилами, устанавливаемыми Госстандартом России.

Ход работы:

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Изучите теоретическое обоснование.
3) Письменно ответьте на контрольные вопросы, опираясь на теоретическое обоснование к работе, конспект лекций и учебную литературу.

Контрольные вопросы:

1) Что называется сертификацией продукции?
2) Что понимается под терминами – соответствие, оценка соответствия?
3) Какие стороны участвуют в оценке соответствия?
4) Кто заполняет декларацию о соответствии продукции, по чьей инициативе и когда декларация становится документом, подтверждающим соответствие?
5) Какие системы оценки соответствия вы знаете?
6) Какая продукция подлежит обязательной сертификации и как поставщик (продавец) узнает что продукция подлежит обязательной сертификации?
7) На каком основании и кто выдает знак соответствия?
8) О чем говорит потребителю наличие знака соответствия на упаковке продукции или в сопроводительных документах?
9) Что такое испытание продукции, кто их проводит и по чьей инициативе?
10) Что понимается под идентификацией продукции?
11) С какой целью и по чьей инициативе проводится добровольная сертификация?
12) Кто выбирает нормативные документы для добровольной сертификации?
13) Перечислить способы информирования покупателя о соответствии
14) продукции.
15) Перечислить нормативно-правовую базу сертификации.
16) Перечислить основные принципы сертификации.
17) Объяснить что устанавливает порядок проведения сертификации.
18) Объяснить процедуру сертификации.
19) Что является основанием для выдачи сертификата органом сертификации?

Содержание отчета

1) Запишите номер, название и цель работы.
2) Ход работы.
3) Письменно ответить на контрольные вопросы.

Литература

1) Никифоров А.Д. Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация.- М.:Высшая школа, 2002.

Список литературы

Основные источники:

1) Герасимова Е.Б. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Форум: ИНФРА-М, 2010.
2) Кошевая И.П. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: ИД «Форум»: ИНФРА-М,2010.
3) Никифоров А.Д. Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация. М.:Высшая школа, 2002.
4) Закон Российской Федерации от 7.02.1992г. № 2300-1 «О защите прав потребителей» (документ действующий).
5) Закон Российской Федерации от 26.06.2008г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (документ действующий).
6) Федеральный закон от 27.12.2002г. № 184 «О техническом регулировании» (документ действующий).
7) Конституция Российской Федерации (принята 12.12.1993г.), (документ действующий).

Дополнительные источники:

1) Ганевский Г.М., Гольдин И.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. М.: Академия, 1998.
2) ГОСТ Р 51672-2000. Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Основные положения (документ действующий).
3) ГОСТ 8.315-97. Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения (документ действующий).
4) ГОСТ Р 8.563-96. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений (документ действующий).
5) ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Ч. 1. Основные положения и определения (документ действующий).
6) ГОСТ Р 1.12-99. ГСС. Стандартизация и смежные виды деятельности. Термины и определения (документ действующий).
7) Правила по проведению сертификации в Российской Федерации (утверждены постановлением Госстандарта России 10.05.2000 №26).
8) ПР 50.2.002-94. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском,

состоянием средств измерений, методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм. ВНИИМС (документ действующий).
9) ПР 50.2.003-94. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за количеством товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций. ВНИИМС (документ действующий).
10) ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок Общие положения, ряды допусков и основных отклонений (документ действующий).
11) ГОСТ 1.0-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения (документ действующий)
12) Машиностроительный ресурс www.i-Mash.ru
13) Метрология, измерения, средства измерений. www.metrologyia.ru
14) Справочник по сертификации, стандартизации и метрологии www.tso.su

Приложение А

График поверки средств измерений

_____
(наименование юридического лица)
(физическое лицо)

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель органа
Государственной
метрологической службы

Тел._____ _____
(подпись) (инициалы, фамилия)

ГРАФИК
поверки средств измерений

Вид измерений
_____

№ п/п	Наименование, тип, заводское обозначение	Метрологические характеристики		Периодичность поверки (месяцы)	Дата посл. поверки	Место проведения поверки	Сроки проведения поверки	Сфера государственного метрологического контроля и надзора
		Класс точности, погрешность	Предел (диапазон) измерений					
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Руководитель
_____
(Наименование юридического лица,
физическое лицо)

_____ _____
(подпись) (инициалы, фамилия)

УДК 389.14:006.354
Ключевые слова : поверка, средства измерений, организация поверки
ОКСТУ 0008

Приложение Б
Свидетельство о поверке

(наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица)

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ

N _____

Действительно до
"__"_____г.

Средство измерений_____
наименование, тип

_____
заводской
номер_____

_____
принадлежащее_____
наименование юридического (физического) лица

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано пригодным к применению.

Оттиск
поверительного клейма
или печати (штампа)

_____ _____ _____
должность руководителя (подпись) (инициалы, фамилия)
подразделения

Поверитель _____ _____
(подпись) (инициалы, фамилия)

"____" _____ 19 _____ г.

Примечание. Оборотная сторона свидетельства о поверке заполняется в соответствии с нормативна документами по поверке средств измерений.

Приложение В
Извещение о непригодности к применению

_____

(наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица)

ИЗВЕЩЕНИЕ

о непригодности к применению

N_____

Средство измерений

_____

наименование, тип

_____

заводской номер

_____

принадлежащее

_____

наименование юридического (физического) лица

_____

поверено и на основании результатов поверки признано непригодным к применению в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора

Причина непригодности

_____

_____

_____

_____

_____

_____ _____ _____

должность руководителя подразделения (подпись) (инициалы, фамилия)

Поверитель _____ _____

(подпись) (инициалы, фамилия)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических
занятий по дисциплине
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»
для студентов очной/заочной формы обучения направления
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Электропривод и автоматикапромышленных установок
и технологических комплексов
Год начала обучения 2022
Изучается в 4 семестре

Невинномысск 2022

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта в части содержания и уровня подготовки выпускников по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Методические указания к выполнению лабораторных работ предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Лабораторные работы содержат описание лабораторных установок, порядок проведения лабораторных работ и обработки экспериментальных данных, контрольные вопросы для самоподготовки.

Составитель: *канд. техн. наук Д.В. Казаков*

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

МЕТРОЛОГИЯ. ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ…..... 5

Лабораторная работа 1. Методы измерений. Средства измерений. Основные метрологические показатели измерительных средств 7

Лабораторная работа 2. Проверка размеров скобы концевыми мерами длины 13

Лабораторная работа 3. Проверка точности измерения микрометра с помощью концевых мер длины 20

Лабораторная работа 4. Измерение размеров деталей штангенинструментами… 23

Лабораторная работа 5. Измерение размеров детали микрометрическими приборами 28

Лабораторная работа 6. Измерение диаметра отверстия индикаторным нутромером 32

Лабораторная работа 7. Измерение диаметров калибра-пробки с помощью микрокатора…..... 38

Лабораторная работа 8. Измерение биений деталей установленных в центрах с помощью индикатора часового типа 42

Лабораторная работа 9. Измерение углов деталей с помощью синусной линейки…..... 45

Лабораторная работа 10. Измерение углов деталей с помощью инструментального микроскопа 49

Лабораторная работа 11. Определение погрешности измерительных приборов. 53

ЛИТЕРАТУРА 63

ВВЕДЕНИЕ

Техническими измерениями называются измерения различных физических величин с помощью специальных технических средств.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к техническим измерениям, являются единство и точность измерений. **Единство измерений** — такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставлять результаты измерений, выполненных в разных местах и в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

Точность измерений — характеристика качества измерений, отражающая степень близости результатов измерений к истинному значению измеряемой величины. Чем меньше разность между измеренным и истинным значениями, тем выше точность.

Наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности называется **метрологией.** Слово «метрология» происходит от греческих слов *metron* (мера) и *logos* (понятие).

К основным задачам метрологии относятся: развитие общей теории измерений; установление единиц физических величин и их системы; разработка методов и средств измерений, а также методов определения точности измерений; обеспечение единства измерений, единообразия средств и требуемой точности измерений; установление эталонов и образцовых средств измерений; разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений и др.

Создание различных методов измерений, отвечающим современным метрологическим требованиям, обеспечивает эффективную организацию производств, существование контроля и повышения качества продукции.

Знания и практические навыки, полученные при изучении раздела «Метрология», позволяет студентам решать инженерные задачи при проектировании и сервисе бытовых машин и приборов.

В результате выполнения лабораторных работ студент должен знать устройство различных измерительных приборов и грамотно производить измерения с помощью штангенциркуля, микрометра, индикатора часового типа, калибрскобы, инструментального микроскопа и других приборов. При выполнении цикла лабораторных работ все расчеты следует производить, основываясь на Международной системе единиц (СИ).

МЕТРОЛОГИЯ. ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

Термины и определения в области метрологии приведены в РМГ29–99, а также МИ2247–98, которые вышли взамен ГОСТ16263–70.

Измерением физической величины называется совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получения значения этой величины.

Уравнение измерения имеет вид

$$X = n[X], \tag{1}$$

где X — значение физической величины (ФВ); n — числовое значение ФВ; $[X]$ — наименование единицы ФВ.

Измерения производят как с целью установления действительных размеров изделий и соответствия их требованиям чертежа, так и для проверки точности технологической системы и подналадки ее для предупреждения появления брака.

На производстве также широко используется более производительная операция измерений — контроль. При контроле физических величин проверяют, находится ли их действительное значение в допускаемых пределах, но числовое значение измеряемой величины не определяют.

Уравнение контроля можно записать в виде неравенства:

$$X_{\text{нм}} < X < X_{\text{нб}},$$

где X — сопоставляемая ФВ; $X_{\text{нм}}$ и $X_{\text{нб}}$ соответственно наименьшее и наибольшее предельные значения ФВ.

Для осуществления измерения и контроля необходимо специальное техническое средство — **измерительный прибор,** т. е. такое средство измерения, которое предназначено для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Одним из основных метрологических показателей измерительных приборов являются **цена деления** — для приборов со шкальным отсчетным устройством и **дискретность отсчета** — для приборов с цифровым отсчетным устройством, поскольку они косвенно характеризуют его основную погрешность.

Цена деления шкалы (дискретность отсчета) — это разность значений измеряемой величины, соответствующая двум соседним отметкам шкалы (двум последовательным импульсам отсчетного устройства).

Свойство прибора реагировать на измерения измеряемой величины называется **чувствительностью средства измерений.**

Чувствительность прибора **S** — отношение изменения сигнала на выходе к изменению измеряемой величины $S = \Delta l / \Delta X$, т. е. число, показывающее масштабное преобразование измеряемой величины.

Немаловажное значение при выборе средств измерения имеют такие параметры, как диапазон измерений и пределы измерения.

Диапазон измерений — это область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности.

Предел измерения — наибольшее ($X_{\text{нб}}$) и наименьшее ($X_{\text{нм}}$) значение диапазона измерений.

Большую роль при проведении измерений играет правильность выбора метода измерений.

Методом измерений называют совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Для технических измерений наибольший интерес представляют следующие методы измерений.

Метод непосредственной оценки. Он предусматривает определение размера непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора прямого действия, т. е. числа n в основном уравнении измерения (1). Очевидно, что непосредственная оценка измеряемой величины возможна на любом измерительном приборе в пределах его диапазона измерений.

Метод сравнения с мерой. Он предполагает сравнение измеряемой величины с величиной, воспроизводимой мерой заданного размера. В этом случае значение n измеряемой величины равно алгебраической сумме размера меры m и полученной из опыта по отсчетному устройству измерительного прибора величины отклонения Δn измеряемой величины от размера меры. Тогда уравнение измерения будет иметь вид:

$$X = (m + \Delta n)[X].$$

В производстве при измерении линейных размеров методом сравнения с мерой заданный размер наиболее часто воспроизводится с помощью плоскопараллельных концевых мер длины.

Нулевой метод измерений — метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.

Метод измерений замещением — метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.

Метод измерений дополнением — метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.

Дифференциальный метод измерений — метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами.

Лабораторная работа 1

МЕТОДЫ И ВИДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы

Изучение методов и видов измерений, средств измерений и основных метрологических (паспортных) показателей измерительных средств.

Методы и виды измерений

В метрологии существует множество методов и видов измерений. Согласно РМГ29–99 различают следующие основные методы измерений: метод непосредственной оценки, метод сравнения с мерой, нулевой метод, метод замещения, дополнения и дифференциальный метод (см. выше).

Конкретные методы измерений определяются видом измеряемых величин, их размерами, требуемой точностью результата, быстротой процесса измерения, условиями, при которых проводятся измерения и другими условиями.

При технических измерениях размеров деталей машин наиболее часто применяются следующие основные виды измерений: *Абсолютные, Относительные, Прямые, Косвенные, Совместные, Совокупные, Контактные, Бесконтактные и др.*

Абсолютное измерение — измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант. Например, измерение размеров штангенциркулем, микрометром, глубиномером, угол угломером.

Относительное измерение — измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. Приборы для относительных измерений, как правило, позволяют получить более высокую точность. Например, измерение диаметра отверстия индикаторным нутромером, настроенным по концевой мере, калибров (или деталей) на микрокаторе.

Прямое измерение — измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно. К прямому измерению относятся, например, измерения длины штангенциркулем или микрометром и т. п

Косвенное измерение — определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. Например, нам необходимо знать средний диаметр резьбы болта (d_2), а мы измеряем с помощью трех проволочек гладким микрометром так называемый размер *M*. Пользуясь зависимостью между d_2 и *M*, можно получить искомый размер, используя показание измерительного прибора (инструмента).

Совместные измерения — проводимые одновременно измерения двух или нескольких неодноимённых величин для определения зависимости между ними.

Совокупные измерения — проводимые одновременно измерения нескольких одноимённых величин, при которых искомые значения величин опре-

деляют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях.

Контактное измерение осуществляется путём непосредственного соприкосновения измерительных поверхностей прибора с поверхностью контролируемого объекта (детали), как правило, в точках по линии измерения. Например, при измерении линейных размеров штангенинструментами и гладкими микрометрами или измерение шероховатости поверхности на профилографе-профилометре и др.

Бесконтактное измерение характеризуется отсутствием измерительного контакта с проверяемым объектом по линии измерения. Например, измерение параметров шероховатости на двойном микроскопе.

Равноточные измерения — ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

Неравноточные измерения — ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.

Однократное измерение — измерение, выполненное один раз.

Многократное измерение — измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, то есть состоящее из ряда однократных измерений

Средства измерений

Средство измерений — техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и хранящее единицу ФВ, размер которой принимают неизменным в течение известного интервала времени.

Средства измерений, наиболее часто используемые в производстве

1. Концевые меры длины (КМД) — обладают высокой точностью. Применяют для проверки точности средств измерения длины, установки средств измерения длины на размер и на нуль, непосредственное измерение линейных размеров деталей машин.

2. Штангенинструменты (штангенциркуль, штангенглубиномер, штангенрейсмасс) относят к наименее точным, простым и дешёвым измерительным приборам.

Штангенциркуль — служит для измерения наружных и внутренних размеров.

Штангенглубиномер — применяется для измерения глубин отверстий и пазов, высоты деталей и расстояний до буртиков или выступов.

Штангенрейсмас — предназначен для разметки, измерения высот и уступов деталей.

3. Микрометрические приборы (гладкий микрометр, микрометрический нутромер, микрометрический глубиномер) более точные, чем штангенинструменты.

Гладкий микрометр служит для измерения наружных размеров.

Микрометрический нутромер служит для измерения внутренних размеров и отклонений формы деталей машин.

Микрометрический глубиномер применяют для измерения глубины отверстий, пазов, высоты уступов в деталях машин.

4. Измерительные головки (индикаторы часового типа, индикаторы рычажно–зубчатые, рычажно–зубчатые измерительные головки) — средства измерений, имеющие механические преобразующие и стрелочные отсчетные устройства.

Индикаторы часового типа применяют при измерении линейных размеров деталей методом сравнения с мерой, для измерения отклонения формы поверхности детали и для измерения отклонения расположения поверхностей.

Индикаторы рычажно-зубчатые используют чаще всего для измерений отклонений расположения поверхностей деталей машин — величины радиального или торцевого биения, отклонений от параллельности плоских поверхностей, отклонений от параллельности осей отверстий или валов и т. д.

Рычажно–зубчатые измерительные головки применяют для измерения линейных размеров и отклонений формы поверхностей деталей машин и инструментов с допусками от 3 до 20 мкм. Широко используются в качестве отсчетных стрелочных головок в различных специальных средствах измерений и измерительных приспособлениях высокой точности.

5. Нутромеры и глубиномеры (индикаторный нутромер, глубиномер индикаторный).

Индикаторными нутромерами измеряют диаметры отверстий и отклонения формы их поверхностей. Индикаторные нутромеры предназначены для измерения внутренних размеров методом сравнения с мерой.

Индикаторные глубиномеры применяют при измерении глубин выточек, выемок, пазов, расстояний между торцами, направленными в одну сторону.

6. Скобы с отсчётным устройством (скоба индикаторная, скоба рычажная, микрометр рычажный). Измерения производятся методом сравнения с мерой.

Скобы индикаторные служат для измерения линейных размеров деталей цилиндрической формы в серийном производстве машин. Чаще всего ими измеряют гладкие валы после токарной обработки резцами или после круглой шлифовки, но при допусках на размер не менее 0,05 мм.

Рычажные скобы используют для измерения линейных размеров деталей с более жёсткими допусками, таких, как точные детали двигателей, турбин, станков; инструменты; элементы деталей машин, сопрягаемые с подшипниками качения.

Рычажные микрометры используют для измерений, как методом непосредственной оценки, так и методом сравнения с мерой.

7. Головки измерительные пружинные применяют для измерений различного рода биений. Широко распространено применение этих головок для измерения линейных размеров высокой точности методом сравнения с мерой, измерение отклонений формы и расположения поверхностей.

Основные метрологические показатели средств измерений

Цена деления шкалы — разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Цена деления шкалы, как правило, указывается или непосредственно на шкале или рядом на видном месте лицевой части инструмента (в миллиметрах или же в микрометрах, для угловых измерений — в угловых единицах и т. д.).

Интервалом деления шкалы называется расстояние между двумя соседними штрихами на шкале прибора или инструмента. Так интервал деления шкалы на штанге штангенциркуля составляет 1,0 мм.

Предел измерения по шкале — область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы. Так пределы измерения по шкале оптиметра составляют ±100 мкм.

Пределами измерения прибора (средства измерений) называется наибольшая и наименьшая величины размеров деталей, которые могут быть измерены на данном приборе. Например, один из комплектов микрометрического нутромера имеет пределы измерения по шкале 13 мм, а пределы измерения всего инструмента 75–175 мм.

Измерительным усилием называется сила, создаваемая прибором и действующая на измеряемую поверхность в направлении по линии измерения. Так, при измерении штангенциркулем измерительное усилие должно быть в пределах 1 кгс.

Чувствительностью называется свойство средства измерений, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Чувствительность прибора оценивается передаточным отношением. Отношение линейного (или углового) перемещения стрелки (или указателя) шкалы к измерению размера детали, вызвавшему это перемещение стрелки (или указателя) шкалы. Оно численно равно отношению интервала деления к цене деления шкалы, т. е. передаточное отношение $\mathbf{K} = \boldsymbol{i}/\mathbf{c}$, где $\boldsymbol{i}$ — интервал деления шкалы (мм), $\boldsymbol{c}$ — цена деления шкалы (мм).

Точностью отсчета называется точность, достигаемая при отсчете прибора. Точность отсчета зависит от качества штрихов шкалы, толщины стрелки (указателя), расстояния между шкалой и стрелкой, освещённости шкалы и квалификации контролёра или метролога. Наиболее благоприятная для точного отсчета ширина штрихов шкалы равна 0,1 интервала деления.

Параллаксом называется кажущееся смещение указателя относительно штрихов шкалы при наблюдении в направлении, неперпендикулярном плоскости шкалы.

Так погрешности отсчёта, вызываемые параллаксом, особенно ощутительно проявляются у штангенциркулей и часто превосходят величину отсчета по нониусу.

Наибольшая разность между показателями прибора при многократном измерении одной и той же величины при неизменных внешних условиях называется **вариацией показаний.**

Погрешность средства измерений — есть разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Различают погрешность показаний: **абсолютную** и **относительную.** *Абсолютная погрешность* показаний имеет размерность в линейных величинах (мм, мкм) или угловых величинах (угловые минуты или секунды, или градусы) и может быть определена по формуле:

$$А = П - Р_Д \text{ (мм, мкм)},$$

где А — абсолютная погрешность; П — размер, полученный в результате измерения (мм); $Р_Д$ — действительный (истинный) размер (мм).

Относительная погрешность — есть отношение абсолютной погрешности к полученному размеру при измерении, выраженному в %, т.е.:

$$\delta = \frac{А}{П} \cdot 100\%.$$

Порядок выполнения работы

1. Изучить методы и виды измерения размеров деталей.
2. Изучить основные метрологические (паспортные) показатели измерительных средств.
3. На основе изучения материала составить отчет по применяемым методам измерений и сведениям основных паспортных данных измерительных средств, используемых в лабораторных работах. Отчёт оформить по прилагаемой форме.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные методы измерений, виды измерений.
2. Для чего предназначены универсальные средства измерений?
3. Назовите основные метрологические показатели средств измерений?
4. Дайте определение цены деления шкалы.
5. Дайте определение погрешности средства измерений.

Форма отчёта

Работа 1	**Паспортные показатели измерительных средств**					
Основные показатели	Обозначение	Наименование приборов				
		Штан-ген-циркуль	Гладкий микро-метр	Нутромер индика-торный	Инструмен-тальный Микроскоп БМИ	Синусная линейка и индикатор часового типа
		Значение и размерность				
Цена деления шкалы	**c**					
Интервал деления шкалы	***i***					
Пределы измерения по шкале						
Пределы измерения прибора						
Передаточное отношение	*K*					
Точность отсчёта						
Погрешность показаний						
Измерительное усилие						
Метод /вид измерения						

Лабораторная работа2

ПРОВЕРКА РАЗМЕРОВ СКОБЫ КОНЦЕВЫМИ МЕРАМИ ДЛИНЫ

Цель работы

Освоить методику измерения размеров проходной (ПР) и непроходной (НЕ) сторон калибра-скобы.

Контроль размеров деталей

В производственных условиях, особенно при крупносерийном и массовом производствах, часто вместо измерения осуществляют контроль размеров деталей, т. е. устанавливают, соответствует ли контролируемый размер предписанным пределам, определяемым наибольшим и наименьшим размерами. Контроль размеров может быть выполнен с помощью предельных калибров.

Предельные калибры широко применяются для контроля размеров деталей в процессе их изготовления. Их конструкции весьма многообразны. Одна из возможных разновидностей калибра для контроля отверстий (пробка) показана на рис. 2.1, а калибра для контроля валов (скоба) – на рис. 2.2.

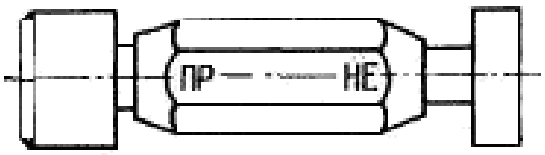


Рис. 2.1. Калибр-пробка

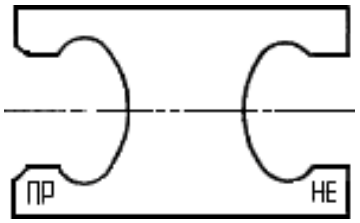


Рис. 2.2. Калибр-скоба

Предельные калибры имеют две стороны: проходную (ПР) и непроходную (НЕ), номинальные размеры которых соответствуют предельным размерам контролируемого отверстия или вала.

Номинальный размер проходной стороны у пробок соответствует наименьшему предельному размеру отверстия, а у скоб — наибольшему предельному размеру вала.

Номинальный размер непроходной стороны у пробок соответствует наибольшему предельному размеру отверстия, а у скоб — наименьшему предельному размеру вала. Поэтому при контроле годными считаются детали, у которых проходная сторона предельного калибра проходит по проверяемой поверхности, а непроходная — не проходит.

Схемы расположения полей допусков гладких калибров для отверстий и валов размерами до 180 мм показаны на рисунках 2.3 и 2.4.

Из схемы расположения полей допусков видно, что действительные размеры калибров могут выходить за пределы поля допуска детали и при контроле такими калибрами часть деталей будет отнесена к числу годных, хотя их размеры выходят за пределы допустимых.

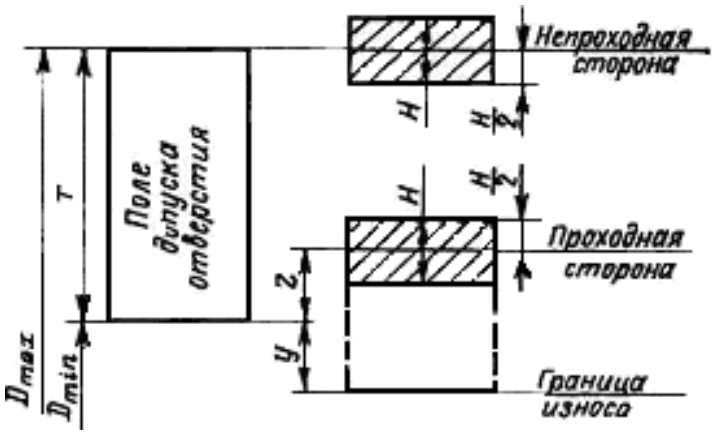


Рис. 2.3. Схема расположения полей допусков калибров для отверстий

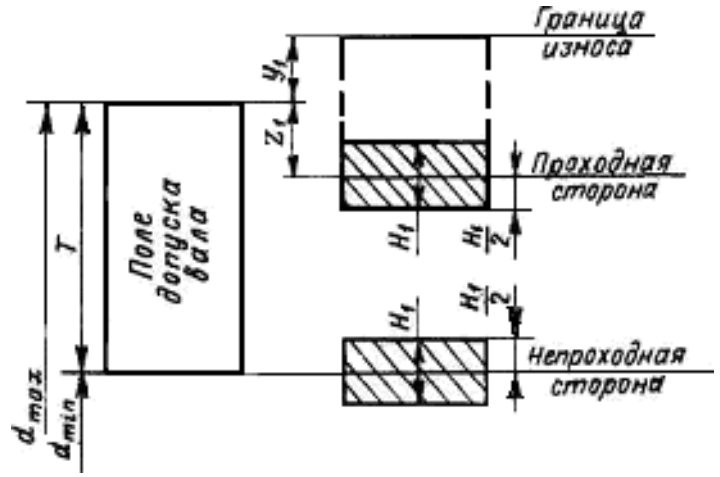


Рис. 2.4. Схема расположения полей допусков калибров для валов

Кроме того, согласно той же схеме действительные размеры калибров могут находиться в пределах допуска на размер детали и при контроле такими калибрами можно забраковать часть деталей, хотя их размеры соответствуют допустимым пределам.

Таким образом, при контроле предельными калибрами границы поля допуска контролируемой детали изменяются, поэтому при небольших допусках размеров деталей целесообразно заменять предельные калибры более точными средствами контроля, в частности электроконтактными предельными преобразователями.

Ниже приводится расчет проходной и непроходной сторон калибра-скобы.

Наибольший и наименьший предельные размеры проходной (ПР) стороны новой скобы

$$\text{ПР}_{max} = d_{max} - Z_1 + \frac{H_1}{2}, \qquad \text{ПР}_{min} = d_{max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}$$

Наибольший размер изношенной проходной калибр-скобы

$$\text{ПР}_{\text{изн}} = d_{max} + \text{У}_1$$

Наибольший и наименьший предельные размеры не проходной (НЕ) стороны скобы

$$\text{НЕ}_{max} = d_{min} + \frac{H_1}{2}, \qquad \text{НЕ}_{min} = d_{min} - \frac{H_1}{2}.$$

Согласно ГОСТ 24853–81 для гладких рабочих калибров установлены: допуски на изготовление пробок H и скоб H_1, отклонения середины поля допуска на изготовление проходных калибров Z и Z_1 и допустимый выход размера изношенного проходного калибра за границу поля допуска деталей Y и Y_1 (таблица 2.1). По таблице 2.1 в зависимости от размера и квалитета допуска детали выбирают значения отклонений Z; Y и допуска Н, калибра.

Таблица 2.1

Допуски и отклонения калибров

Квалитеты допусков изделий	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		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	
		Размеры и допуски, мкм													
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	
	α, α_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_1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H_1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H_p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1
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	
	α, α_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	IT2
	H_s	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H_p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1
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	
	α, α_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	IT2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H_s*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
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	
	α, α_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	IT2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H_s*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
10	Z, Z_1	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H_s*, H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1

Измерение размеров скобы заключается в наборе блока концевых мер такого размера, который при незначительном усилии перемещается в скобе (под действием собственного веса). Размер скобы в этом случае будет равен размеру блока.

Плоскопараллельные концевые меры длины

Плоскопараллельные концевые меры длины (далее будем называть их концевыми мерами) предназначены для передачи размера единицы длины от первичного эталона концевым мерам меньшей точности, поверки и градуировки измерительных приборов, а также для непосредственного измерения линейных размеров и регулировки и настройки показывающих измерительных приборов.

Концевые меры длины до 1000 мм изготовляются из высококачественной стали, а длиной до 100 мм и из твердого сплава. Они имеют форму прямоугольного параллелепипеда (рис. 2.5) с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями. Основные размеры концевых мер и технические требования к ним установлены ГОСТ 9038–83 и ГОСТ 8.166–75.

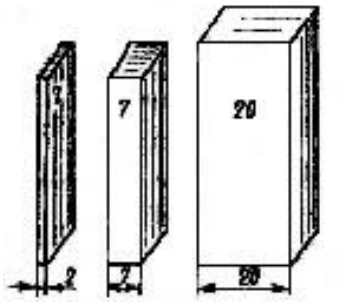


Рис. 2.5. Концевые меры длины

Согласно ГОСТ 9038–83 за длину концевой меры (в любой точке) принимается длина перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности концевой меры на ее противоположную измерительную поверхность.

Номинальная длина каждой концевой меры маркируется: меры размером 5,5 мм и менее — на одной из измерительных поверхностей; а меры более 5,5 мм — на нерабочей поверхности. Разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры определяет отклонение от плоскопараллельности. Наибольшая по модулю разность между длиной меры в любой точке и номинальной длиной принимается за величину отклонения длины меры от номинального размера.

В зависимости от точности изготовления концевые меры длины имеют следующие классы точности: 00, 01, 0, 1, 2, 3 — из стали; 00, 0, 1, 2 и 3 — из твердого сплава.

В зависимости от погрешности измерения длины концевых мер и отклонения от плоскопараллельности установлены разряды мер: 1, 2, 3, 4 и 5.

Для каждого разряда определены методы и средства измерения. Так, например, концевые меры 1-го разряда аттестуют с помощью абсолютного интерференционного метода измерения, являющегося наиболее точным.

Характерной особенностью концевых мер длины является притираемость их друг к другу измерительными поверхностями. Под притираемостью понимается способность концевых мер прочно сцепляться измерительными поверхностями при надвигании одной меры на другую. Притираемость характеризуется усилием сдвига, которое для мер, изготовленных из стали, должно находиться в пределах от 29,4 до 78,5 Н.

Концевые меры длины изготавливают в виде наборов. Согласно ГОСТ 9038–83 отечественная инструментальная промышленность, выпускает 22 набора мер. Наиболее часто в машиностроении используют набор, состоящий из 83 мер (набор № 1 — таблица 2.2).

Таблица 2.2

Концевые меры длины

Номинальные длины мер, мм		Градация мер, мм	Число мер
от	до		
1	1,5 (включ.)	0,01	51
1,6	2 »	0,1	5
0,5	—	—	1
2,5	10 »	0,5	16
20	100 »	10	9
1,005	—	—	1

Благодаря притираемости, комбинируя меры набора, можно составить различные размеры. Несколько концевых мер, притёртых друг к другу, называют блоком мер. При составлении блока мер следует предварительно определить, какие меры нужно взять для данного блока. При этом число мер в блоке должно быть минимальным, так как погрешность суммарного размера блока зависит от числа мер входящих в блок. Поэтому при подборе концевых мер длины, включаемых в блок, рекомендуется начинать с выбора меньшей меры, размер которой содержит последний знак десятичной дроби составляемого размера.

Пример. Требуется составить блок мер размером 79,985 мм, используя набор № 1:

Размер блока	79,985 мм
Первая мера, входящая в блок	1,005 мм
Остаток	78,98 мм
Вторая мера	1,48 мм
Остаток	77,5 мм
Третья мера	7,5 мм
Остаток — четвертая мера	70 мм

Таким образом, в блок войдут меры: 1,005; 1,48; 7,5 и 70 мм.

Возможности использования концевых мер длины значительно расширяются благодаря применению набора принадлежностей к ним. По ГОСТ 4119–76 наборы принадлежностей включают: державки для крепления отдельных концевых мер длины или блоков в случае их использования для измерения линейных размеров и разметки; основание, предназначенное для установки державки с блоком мер при разметке; стяжки для крепления блоков мер размерами более 100 мм; плоскопараллельные боковики для проверки наружных размеров; радиусные боковики для измерения внутренних размеров; центровой и чертильный боковики, используемые при разметке.

Порядок выполнения работы

1. Определить номинальный размер проходной (ПР) и непроходной (НЕ) сторон скобы.

2. По номинальному размеру проходной стороны скобы в соответствии с имеющимся набором концевым мер подобрать необходимые меры.

3. Составить блок мер, для чего к мере большего размера последовательно (в порядке убывания размеров) притереть меры меньших размеров. При этом меру меньшего размера приложить к краю большей и, прижимая ее с некоторым усилием, надвигать зигзагообразными движениями в направлении длинного ребра меры до совпадения поверхностей обеих мер (рис. 2.6).

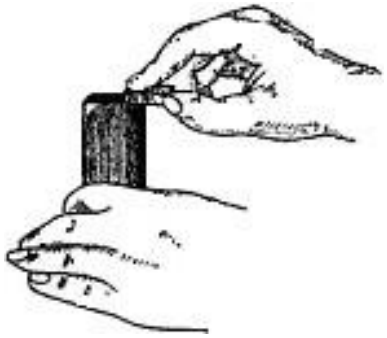


Рис. 2.6. Притирка концевых мер длины

4. Проверить размер проходной стороны скобы. Для этого ввести между измерительными поверхностями контролируемой скобы блок мер (рис. 2.7).

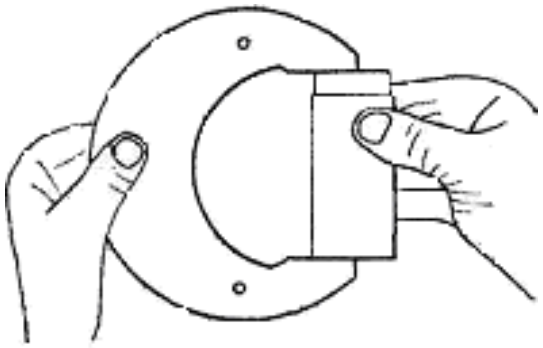


Рис. 2.7. Измерение размера скобы

В случае соответствия размера блока размеру проходной стороны блок под действием силы тяжести будет медленно перемещаться между плоскостями скобы. Если размер скобы окажется больше, чем размер блока, то последний будет свободно перемещаться между поверхностями скобы; если меньше — блок будет вводиться со значительным усилием. В случае несоответствия размера блока размеру скобы путем постепенного уменьшения или увеличения размера блока на 0,01–0,02мм следует добиваться лучшего их совпадения.

5. Повторить приемы, указанные в п. 2–4, при проверке размера непроходной стороны скобы.

6. Записать все данные в форму отчёта.

7. Построить схему полей допусков (см. рис. 2.4) и дать заключение о годности поверяемого калибра.

Контрольные вопросы

1. Для чего служит калибр скоба?

2. Как располагается поле допуска для непроходной (НЕ) стороны калибр - скобы?

3. Как располагается поле допуска для проходной (ПР) стороны калибр - скобы?

Форма отчёта

Работа 2	**Проверка размеров скобы концевыми мерами длины**		
Данные о наборе концевых мер		Данные о калибре	
Число мер в наборе		Наименование	
Класс точности		Маркировка	
Результаты проверки			
ПР		НЕ	
Номинальный размер		Номинальный размер	
Размер блока мер		Размер блока мер	
Перечень мер в блоке		Перечень мер в блоке	
Схема расположения полей допусков, заключение о годности			

Лабораторная работа3
ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОМЕТРА С ПОМОЩЬЮ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ

Цель работы

Получение практических навыков по проверке точности измерения микрометра с помощью концевых мер длины.

Плоскопараллельные концевые меры дины (рис. 3.1) представляют собой набор пластин и брусков изготовленных, как правило, из закалённых сталей.

Концевые меры длины, сокращённо называемые плитками, представляют собой стальные прямоугольники, у которых две стороны постоянны, а размеры по высоте разные (рис. 3.1а).

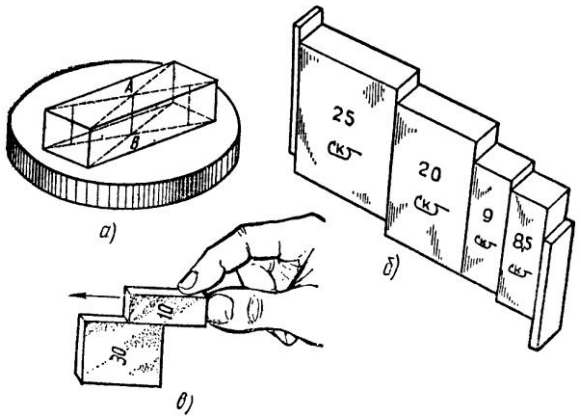


Рис. 3.1. Плоскопараллельные концевые меры:
а – плитка на стеклянной шайбе;
б – притертые плитки; в – притирка плиток

Концевыми мерами плитки называются потому, что точный размер у них образуется по концам прямоугольника.

Рабочим размером отдельной плитки является «срединная длина», определяемая длиной перпендикулярного АВ (рис. 3.1а), опущенного из середины одной из измерительных поверхностей плитки на противоположную измерительную поверхность.

Плоскопараллельные концевые меры подразделяются по точности изготовления, т. е. по величине допуска на изготовление, на четыре класса (0;1;2 и 3), а по точности аттестации рабочих размеров, т. е. по точности, с которой измерен размер самой плитки, на пять разрядов (1;2;3;4 и 5). Плиткам, у которых наиболее точно аттестованы размеры, присваивается первый разряд, а плитки 5-ого разряда имеют более грубую аттестацию размера. Так, плитки первого разряда с номинальным размером 100 мм значение 100 мм определенно (аттестовано) с точностью ±0,1 мкм, а у плитки 5-ого разряда тот же размер 100 мм — с точностью ±2 мкм.

По плиткам проверяют и настраивают различные измерительные средства, например, при относительных методах измерений. Плитки имеют разные размеры от 0,991 до 175 мм и комплектуются в наборы, состав которых определяет ГОСТ 9038-73.

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с указанным преподавателем номинальным размером и предельными отклонениями толщины детали, например 28f7, 28g8 и др. составить блок (рис. 3.1б) из возможно меньшего количества концевых мер длины (не более 4–5).

Входящие в блок требуемого размера меры подбирают так, чтобы длина первой меры содержала последний или два последних знака размеров блока, длина второй меры — последние знаки остатка и т. д. Например, требуется составить блок размером 28,785 мм:

28,785
–1,005 мм — длина 1-й меры
27,78 мм — остаток
–1,28 мм — длина 2-й меры
26,5 мм — остаток
–6,5 мм — длина 3-й меры
20 мм — остаток длина 4-й меры.

Сначала притирают друг к другу концевые меры малых длин.

Меры накладывают одну на одну своими измерительными (рабочими) поверхностями примерно на треть длинной стороны меры (рис. 3.1в) и, плотно сжимая, надвигают меру вдоль длинного ребра до полного сцепления мер. Собранный блок аналогично притирают к мере среднего размера и т. д.

2. Собранный блок установить между пятой и микромиллиметрическим винтом (рис. 3.2).

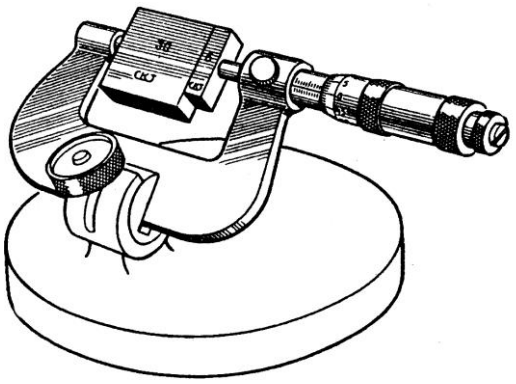


Рис. 3.2. Поверка гладкого микрометра от 25 до 50 мм блоком из КМД

3. Отсчитать показания проверяемого прибора, сравнить его с длинной меры по аттестату и подсчитать разность между ними, которая является погрешностью проверяемого средства измерения.

4. Измерения по микрометру произвести по мере 4–5 раз, результаты измерений занести в форму отчёта.

5. После окончания работы с блоком, его следует разобрать и уложить в соответствующие гнезда ящика набора.

Содержание отчёта

1. Сведения о концевых мерах длины.
2. Эскиз установки для определения точности измерения микрометра.
3. Таблица результатов измерений и расчётов (см. форму отчёта).

Контрольные вопросы

1. Что собой представляют собой концевые меры длины?
2. Что проверяют и настраивают с помощью концевых мер длины?
3. Как составляется блок из концевых мер длины?
4. На сколько классов точности изготовления подразделяются концевые меры длины?

Форма отчёта

Работа 3	**Проверка гладкого микрометра блоком из КМД**			
Номер измерений	Измеренная длина блока мер, определяемая по микрометру l_1, мм	Составленная длина блока l_2, мм	Погрешность микрометра $\Delta l = l_1 - l_2$, мм	Среднее значение погрешности $\Delta_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta l_i$, мм
1				
2				
3				
4				
5				

Лабораторная работа4

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ

Цель работы

Изучение устройства измерительных инструментов, получения практических навыков по измерению деталей и определение погрешности прямых измерений.

К штангенинструментам относят измерительные инструменты с линейным нониусом: штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмассы и др. Они предназначены для измерения линейных размеров и разметки.

Одним из наиболее распространенных штангенинструментов является **штангенциркуль**, который служит для измерения наружных и внутренних размеров, а также для разметки. Штангенциркули изготовляют нескольких типов. Один из них показан на рис. 4.1. Штангенциркуль состоит из штанги 9 с делениями, на конце которой имеется неподвижная губка 1; по штанге передвигается рамка 4 с подвижной губкой 2 и с нониусом 5. Плавное перемещение рамки обеспечивает микрометрический винт с гайкой 8 и хомутиком 6. При использовании микрометрической пары рамка 4 отстопоривается винтом 3; винтом 7 стопорится хомутик 6 и вращением гайки 8 перемещается рамка 4 вдоль штанги.

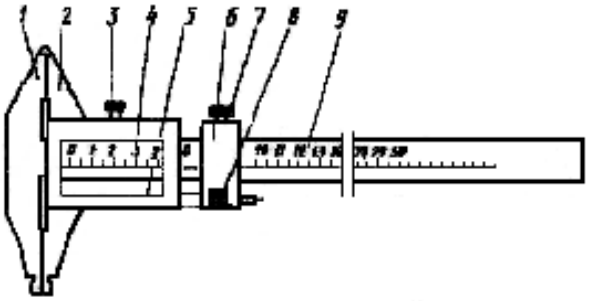


Рис. 4.1. Штангенциркуль

Штангенглубиномер (рис. 4.2) применяется для измерения глубин отверстий и пазов, высоты деталей и расстояний до буртиков или выступов.

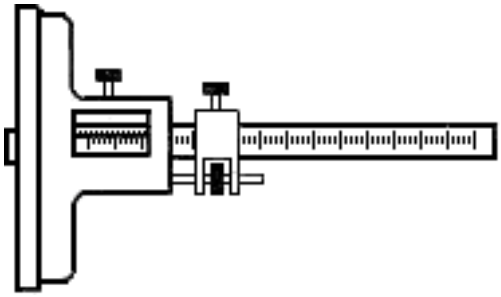


Рис. 4.2. Штангенглубиномер

Штангенрейсмасс (рис. 4.3) предназначен для разметки, а также для измерения высот и уступов деталей.

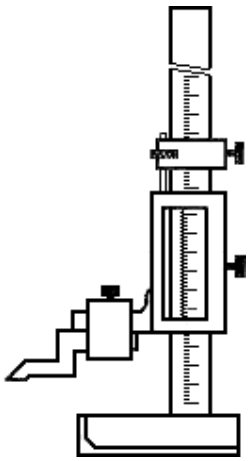


Рис. 4.3. Штангенрейсмасс

Общим для всех штангенинструментов является наличие отсчётного устройства, состоящего из шкалы штанги и дополнительной шкалы нониуса.

Для уяснения принципа устройства нониуса ознакомимся с простейшим из них, позволяющим отсчитывать показания через 0,1 мм (рис. 4.4).

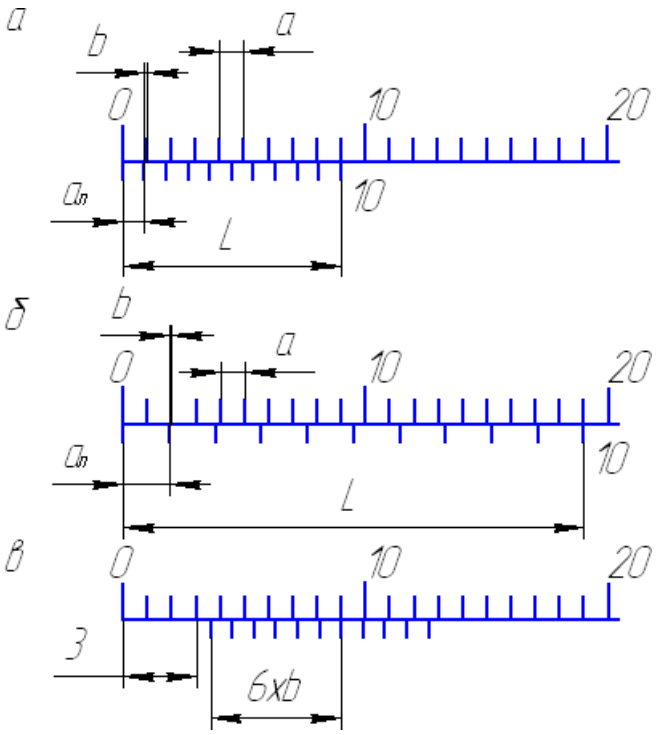


Рис. 4.4. Схема нониусного устройства

Такой нониус устроен следующим образом. Отрезок L, равный девяти делениям основной шкалы, т. е. 9 мм, разделен у нониуса на 10 равных частей (рис. 4.4*а*). Следовательно, длина деления шкалы на нониусе меньше длины деления шкалы на штанге на 0,1 мм. Эта разность называется отсчетом по нониусу. Обозначив длину деления шкалы на штанге a, длину деления шкалы на нониусе $a_{\text{Н}}$, количество делений на нониусе n и длину нониуса L, определим отсчет по нониусу:

$$b = a - a_H = a - (L/n) = 1{,}0 - 0{,}9 = 0{,}1 \text{ мм.}$$

При слишком малой длине деления шкалы на нониусе отсчет показаний несколько затруднён. Для устранения этого недостатка увеличивают длину деления шкалы на нониусе за счет большей его общей длины. Например, для того чтобы увеличить длину деления шкалы нониуса при том же отсчёте по нониусу, следует его длину увеличить с 9 до 19 мм (рис. 4.4б) и разделить ее на 10 частей. В этом случае длина деления шкалы на нониусе a_H составит 1,9 мм, а отсчет по нониусу:

$$b = 2a - a_H = 2 \cdot 1 - 1{,}9 = 0{,}1 \text{ мм.}$$

Если длину нониуса L оставить прежней, т. е. 19 мм, но разделить это расстояние на 20 частей ($n = 20$), то a_H будет равно 0,95 мм и

$$b = 1 \cdot a - a_H = 1 \cdot 1 - 0{,}95 = 0{,}05 \text{ мм.}$$

Отсчёт по нониусу можно найти и на основании другой, более простой зависимости. Если от начального положения перемещать нониус относительно основной шкалы, то последовательно будут совпадать первая, вторая, третья и, наконец, последняя отметки нониуса. Все эти последовательные совпадения отметок нониуса и штанги произойдут в результате перемещения нониуса на длину деления штанги, и отсчет по нониусу будет равным $b = a/n$.

Из вышесказанного следует, что при измерении, т. е. при сдвиге нониуса относительно штанги, дробная доля миллиметра равна порядковому номеру отметки нониуса k, совпадающего с какой-либо отметкой шкалы штанги, умноженному на отсчет по нониусу, т.е. kb. Целое число миллиметров A размера детали определяется числом целых делений шкалы, заключённых между нулевой отметкой шкалы штанги и нулевой отметкой нониуса (рис. 4.4*в*). Размер детали равен $A + kb$ (на рис. 4.4*в* отсчет равен 3,6 мм).

Таким образом, отсчет по нониусу можно определить по формулам:

$$b = a/n \text{ и } b = \gamma a - a_H,$$

где γ — модуль нониуса.

Поскольку $a_H = L/n$, то $\gamma = (L + a)/na$.

Модуль нониуса характеризует соотношение длины делений шкалы нониуса и штанги, т. е. растянутость нониуса. Модуль нониуса всегда равен целому числу.

Штангенинструменты выпускают с отсчетом 0,1 и 0,05 мм.

Согласно ГОСТ 162–89, ГОСТ 164–89 и ГОСТ 166–89 погрешность показаний штангенинструментов с пределами измерений до 1000 мм не должна превышать удвоенного отсчёта по нониусу, т. е. $\pm b$.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь формулами $b = a/n$ и $\gamma = (L + a)/na$, определить отсчёт по нониусу и модуль предложенного штангенинструмента.

2. Начертить эскиз детали и указать ее размеры. Для измерения размеров детали, например штангенциркулем необходимо:

– открепить рамку и хомутик, передвинуть их вдоль штанги и расположить рамку так, чтобы измеряемую деталь можно было установить между измерительными плоскостями губок;

– применяя микрометрическое устройство, передвинуть рамку до прилегания поверхностей обеих губок к поверхностям измеряемого изделия, в этом положении закрепить стопорный винт рамки;

– сняв инструмент с изделия, отсчитать показания по шкале штанги и по нониусу.

При измерении внутренних размеров к отсчёту по шкале штанги и нониуса следует прибавить размер толщины губок штангенциркуля, который на них обозначен.

3. Выполнить 5–10 измерений длины пластины l и занести в таблицу формы отчёта.

4. Вычислить среднее значение измерений

$$\bar{l} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} l_i$$

5. Найти погрешности прямых измерений Δl_i а также величины $(\Delta l_i)^2$

6. Вычислить среднюю квадратичную погрешность

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\Delta l_i)^2}{n(n-1)}}$$

7. Вычислить границу доверительного интервала $\Delta l = 2s$.

8. Записать окончательный результат

$$l = \bar{l} \pm \Delta l$$

9. Оформить отчёт:

- Сведения о штангенинструменте, его устройство и эскиз.
- Таблица результатов измерений и расчетов (см. форму отчёта).
- Выводы по результатам измерений и расчётов.

Контрольные вопросы

1. Какие измерения можно произвести штангенинструментами?
2. Что такое нониус, модуль нониуса?
3. Как определить цену деления нониуса?

Форма отчёта

Работа 4	**Измерение размеров деталей штангенинструментами**		
Данные о приборе			
Наименование прибора	Отсчёт по нониусу	Модуль нониуса	Пределы измерения
	$b = a/n$	$\gamma = (L + a)/na$	
Результаты измерений и расчётов			
Номер измерений	Результат измерения длины пластины l_i, мм	Отклонение от среднего $\Delta l_i = l_i - \bar{l}$, мм	Квадрат отклонения от среднего $(\Delta l_i)^2$, мм^2
1	l_1	$\Delta l_1 = l_1 - l$	$(\Delta l_1)^2$
2	l_2	$\Delta l_2 = l_2 - l$	$(\Delta l_2)^2$
3			
4			
n	l_n	$\Delta l_n = l_n - l$	$(\Delta l_n)^2$
Сумма	$\sum_{i=1}^{n} l_i$		$\sum_{i=1}^{n} (\Delta l_i)^2$
Среднее значение	$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} l_i$		$S_l = \sqrt{\frac{\sum (\Delta l_i)^2}{n(n-1)}}$

Лабораторная работа5

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

Цель работы

Изучение устройства микрометрических измерительных средств, получения практических навыков по измерению деталей и определение погрешности прямых измерений.

Микрометрические измерительные инструменты основаны на использовании винтовой пары (винт–гайка), которая преобразовывает вращательное движение микровинта в поступательное. Цена деления таких инструментов — 0,01 мм. Микрометрические пары используются в конструкциях многих измерительных приборов.

Приборостроительные заводы выпускают следующие микрометрические инструменты: микрометры гладкие для измерения наружных размеров (рис.5.1); нутрометры для определения внутренних размеров (рис. 5.2); глубинометры (рис. 5.3), специальные микрометры — листовые, трубные, зубомеры, с резьбовыми вставками и др. На измерительные поверхности микрометров часто напаиваются пластинки из твердого сплава, что значительно повышает их износостойкость. Измерительная сила у микрометра равна 500 ± 200 сН.

Для измерения наружных размеров наиболее широко применяются микрометры различных типов (ГОСТ 6507–78).

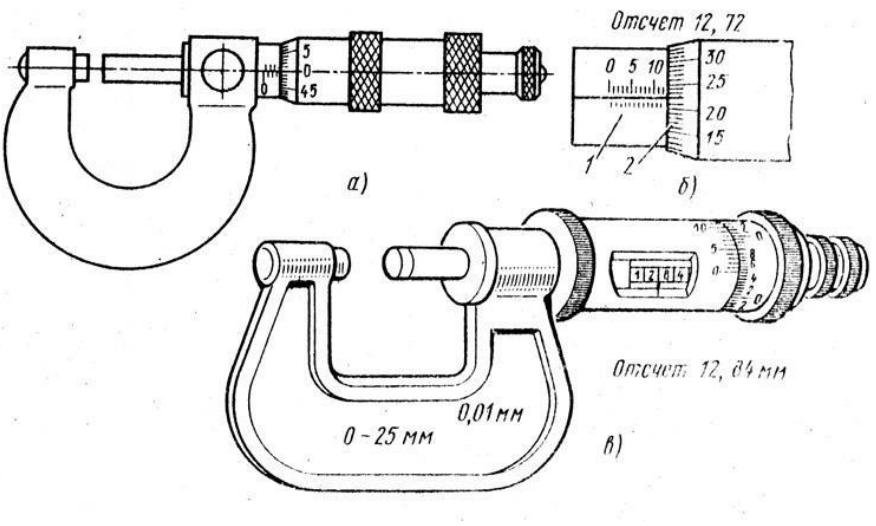


Рис. 5.1. Микрометр гладкий (а) и примеры отсчета (б и в)

Отсчётное устройство микрометрических инструментов (рис. 5.1б) состоит из двух шкал: продольной 1 и круговой 2. Продольная шкала имеет два ряда штрихов, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и сдвинутых относительно друг друга на 0,5 мм. Оба ряда штрихов образуют, таким образом, одну продольную шкалу с ценой деления, равной шагу винта 0,05 мм).

Круговая шкала обычно имеет 50 делений (при шаге винта 0,5 мм) по продольной шкале отсчитывают целые миллиметры и 0,5 мм, по круговой шкале – десятые и сотые доли миллиметра. Выпускают микрометры с цифровым отсчетом результата измерения (рис. 5.1в).

Погрешность измерения микрометрами зависит от верхнего предела измерения и может составлять от ±3 мкм (для микрометров с диапазоном измерения 0–25 мм) до ± 10 мкм (для микрометров с диапазоном измерения 400–500 мм).

Микрометрический нутромер служит для измерения внутренних размеров. Прибор состоит из микрометрической головки (рис. 5.2а), наконечника (рис. 5.2б) и сменных удлинителей (рис. 5.3в). В микрометрической головке к микрометрическому винту 5, имеющему измерительную поверхность 9, при помощи колпачка 8 присоединен барабан 7. Микрометрический винт ввинчивается в микрометрическую гайку 6 и центрируется по калиброванному отверстию в стебле. В нужном положении микровинт 5 может быть закреплён стопорным винтом 4. На наружной цилиндрической поверхности стебля 3 нанесены деления на расстояниях, равных шагу микрометрического винта 0,5 мм. В левой части стебля 3 запрессована пятка 1 со второй измерительной поверхностью, а также нарезана внутренняя резьба 2. В эту резьбу ввинчивают или наконечник, без которого вообще нельзя производить измерения, или удлинители, предназначенные для увеличения пределов измерения нутромера.

Удлинитель (рис. 5.2в) состоит из стержня 10 определенной длины (13, 25, 50 мм), установленного в трубке 12 и пружины 11, необходимой для обеспечения постоянного давления при свинчивании удлинителя с микрометрической головкой. Внутренняя резьба трубки служит для присоединения наконечника (рис. 5.2б), а наружная резьба — для ввинчивания в микрометрическую головку (рис. 5.2а).

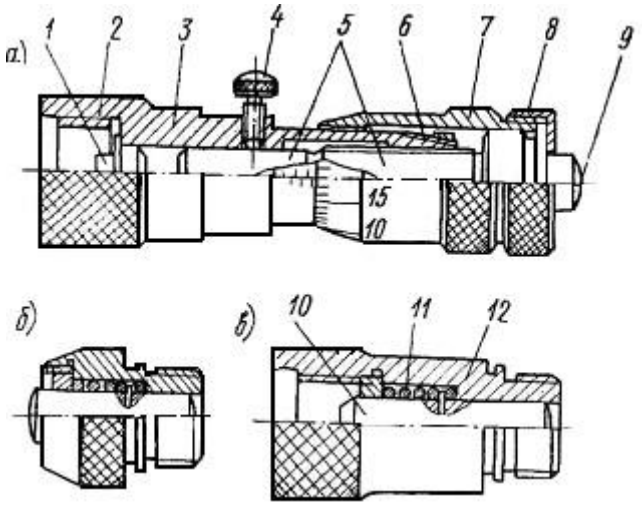


Рис. 5.2. Микрометрический нутромер

В отличие от микрометра погрешность нутромера несколько больше из-за отсутствия устройства, обеспечивающего постоянство измерительного усилия.

Пределы допускаемых погрешностей микрометрического нутромера (по ГОСТ 10–75*) зависят от измеряемого размера. Для размеров до 125 мм пределы допускаемой погрешности ±0,006 мм.

Микрометрический глубиномер (рис. 5.3) служит для измерения глубины отверстий, пазов, высоты уступов и т. п. Он состоит из основания 2 с запрессованным в нем стеблем 4, микрометрического винта 3 со сменным измерительным стержнем 1, барабана 5, колпачка 6 с трещоткой 7 и стопора 8.

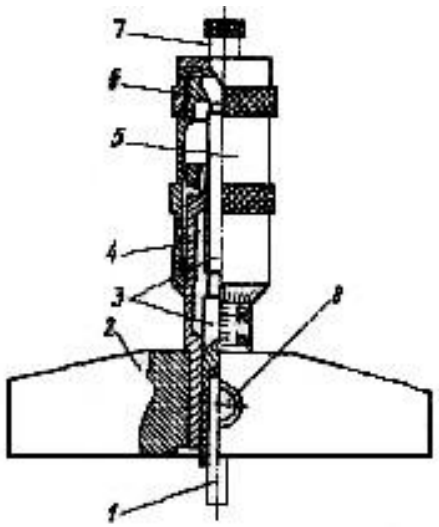


Рис. 5.3. Микрометрический глубиномер

Измерительными поверхностями микрометрического глубиномера являются нижняя плоскость основания 2 и торец сменного измерительного стержня 1. Микрометрические глубиномеры выпускают с четырьмя сменными измерительными стержнями, что обеспечивает пределы измерения от 0 до 150 мм. Согласно ГОСТ 7470–78 глубиномеры выпускают двух классов точности — 1 и 2-го. Пределы допускаемой погрешности глубиномера 2-го класса точности с диапазоном измерения 0–100 мм не должны превышать ±0,005 мм.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип измерения размеров детали одним из предложенных микрометрических приборов.
2. Выполнить 5–10 измерений толщины пластины h и занести в таблицу прилагаемой формы отчета.
3. Вычислить среднее значение измерений

$$\bar{h} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} h_i$$

4. Найти погрешности прямых измерений Δh_i а также величины $(\Delta h_i)^2$
5. Вычислить среднюю квадратичную погрешность

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\Delta h_i)^2}{n(n-1)}}$$

6. Вычислить границу доверительного интервала $\Delta h = 2s$.
7. Окончательный результат записать в следующем виде $h = \bar{h} \pm \Delta h$.
8. Оформить отчёт:

– Сведения о микрометрическом приборе, его устройство и эскиз.
– Таблица результатов измерений и расчётов (см. форму отчета).
– Выводы по результатам измерений и расчётов.

Контрольные вопросы

1. Какие измерения можно проводить с помощью микрометра?
2. Какие пределы измерений микрометра?
3. Из чего состоит отчётное устройство микрометра?
4. Как определить цену деления отчётного устройства микрометра?

Форма отчёта

Работа 4	**Измерение размеров деталей микрометрическими приборами**		
Данные об измерительных приборах			
Наименование прибора		Цена деления	Пределы измерения
Результаты измерений и расчётов			
Номер измерений	Результат измерения толщины пластины h_i, мм	Отклонение от среднего $h_i - \bar{h}$, мм	Квадрат отклонения от среднего $(\Delta h_i)^2$, мм^2
1	h_1	$\Delta h_1 = h_1 - h$	$(\Delta h_1)^2$
2	h_2	$\Delta h_2 = h_2 - h$	$(\Delta h_2)^2$
3			
4			
n	h_n	$\Delta h_n = h_n - h$	$(\Delta h_n)^2$
Сумма	$\sum_{i=1}^{n} h_i$		$\sum_{i=1}^{n} (\Delta h_i)^2$
Среднее значение	$\bar{h} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} h_i$		$S_h = \sqrt{\frac{\sum(\Delta h_i)^2}{n(n-1)}}$

Лабораторная работа6
ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ ИНДИКАТОРНЫМ НУТРОМЕРОМ

Цель работы

Освоить методику измерения внутренних размеров деталей рычажными измерительными приборами.

Измерительные головки с зубчатыми и рычажно-зубчатыми передаточными механизмами (преобразователями), выпускаемые в разнообразных конструктивных исполнениях и имеющие различные, метрологические параметры, широко применяются в качестве отсчётных устройств в средствах для измерения линейных размеров.

Индикатор часового типа (рис. 6.1). Индикатором часового типа называется измерительная головка, т. е. средство измерений, имеющее механическую передачу, которая преобразует малые перемещения измерительного наконечника в большие перемещения стрелки, наблюдаемые по шкале циферблата. По внешнему и внутреннему устройству индикатор этот похож на карманные часы, почему за ним и закрепилось такое название.

Индикаторы часового типа выпускаются разных моделей по одной типовой кинематической схеме, поэтому при одинаковой цене деления 0,01 мм они имеют разные пределы измерения — от 0 до 2; 5; 10; 25 и 50 мм.

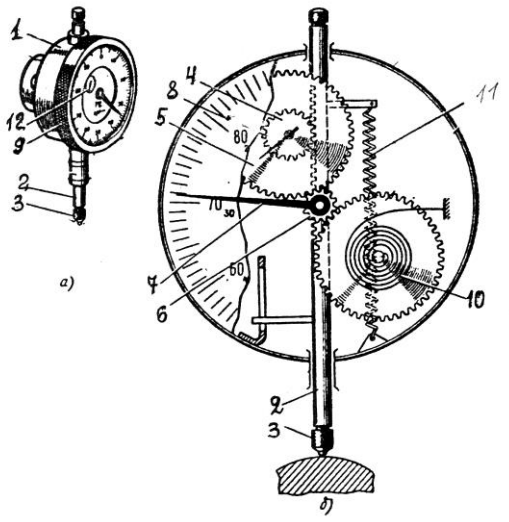


Рис. 6.1. Индикатор часового типа:
а — общий вид; б — схема зубчатой передачи

Конструктивно индикатор часового типа представляет собой измерительную головку с продольным перемещением измерительного наконечника. Основанием этого индикатора (рис. 6.1а) является корпус 1, внутри которого смонтирован преобразующий механизм – реечно-зубчатая передача. Через корпус 1 проходит измеритель-стержень 2 с измерительным наконечником 3. На стержне 2 нарезана рейка (рис. 6.2б), движение которой передаются реечным (4) и пере-

даточным (5) зубчатыми колесами, а также трубкой 6 на основную стрелку 7. Величина поворота стрелки 7 отсчитывается по круговой шкале-циферблату 8. Для установки индикатора против отметки «0» круговая шкала поворачивается ободком 9.

Устранение люфта в зубчатых колесах достигается спиральной пружиной 10. Возврат измерителя-стержня в начальное положение, после измерения осуществляется пружиной 11.

Прибор имеет две шкалы: большую для отсчета долей миллиметров 8 и малую 12 для отсчета целых миллиметров. При перемещении измерительного стержня (2) на 1 мм стрелка на большой шкале делает один оборот. Шкала имеет 100 делений, следовательно, цена деления прибора равна 0,01 мм.

Различные комбинации рычажных и зубчатых передач позволили создать большое число моделей и типоразмеров рычажно-зубчатых измерительных головок с различными метрологическими параметрами (таблица 6.1).

Таблица 6.1

Метрологические параметры рычажно-зубчатых измерительных головок

Модель рычажно-зубчатой измерительной головки	Цена деления, мм	Пределы измерений, мм
1ИГ	0,001	±0.05
2ИГ	0,002	±0.10
1МИГ	0,001	0-1
2МИГ	0,002	0-2
05305	0,001	0-5
05205	0,002	0-5

Использование одной из измерительных головок в индикаторном нутромере рассматривается в данной работе.

Индикаторный нутромер служит для измерения внутренних размеров изделий методом сравнения с мерой. Он состоит (рис. 6.2) из измерительной головки 1 и корпуса 3 с ручкой 2, оканчивающегося тройником 4 с измерительными наконечниками и центрирующим мостиком. Нутромер настраивают по блоку плоскопараллельных концевых мер длины, расположенному между боковичками 5 и закреплённому в струбцине 6 (см. раздел «Плоскопараллельные концевые меры длины»).

Цена деления нутромера определяется ценой деления измерительной головки и составляет 0,01 мм (ГОСТ 868–82), 0,002 и 0,001 мм (ГОСТ 9244–75).

Пределы измерения нутромеров определяются их конструкцией и указываются на корпусе.

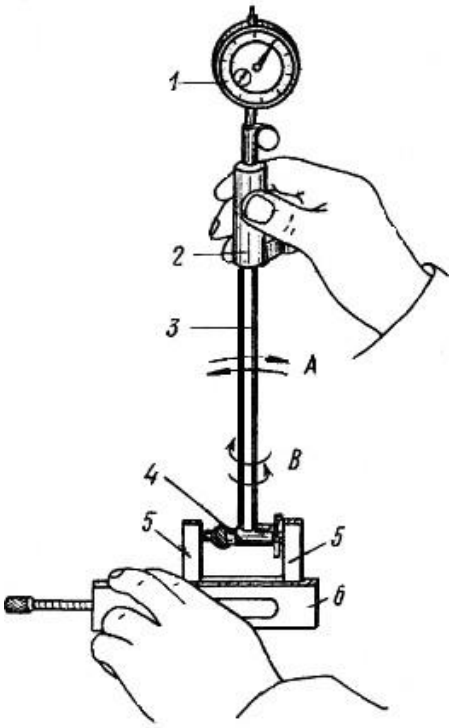


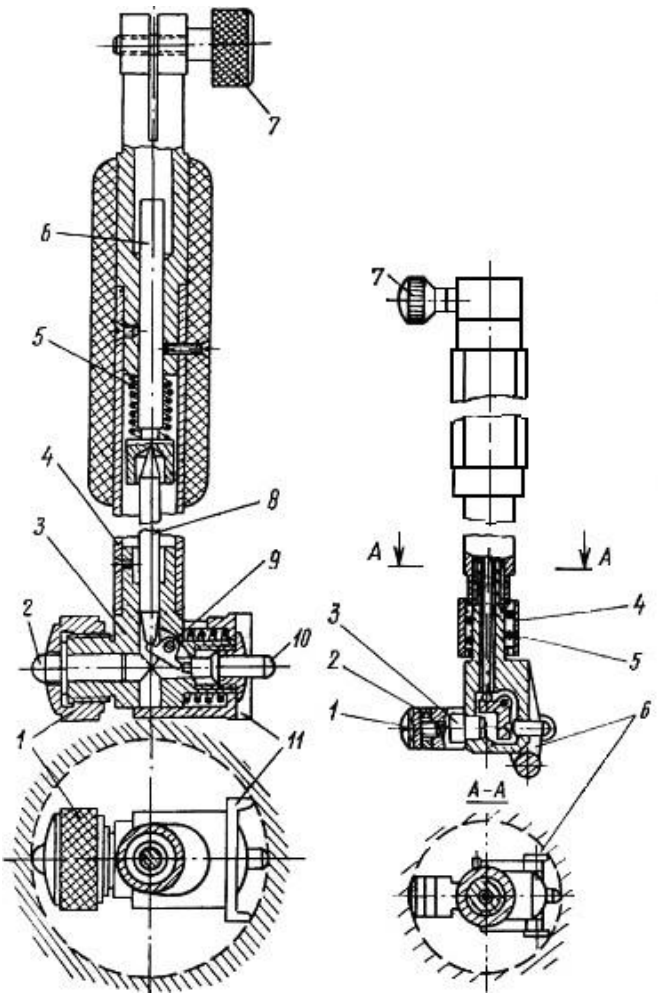
Рис. 6.2. Настройка индикаторного нутромера на нуль

Рассмотрим конструкции двух наиболее известных нутромеров, предназначенных для измерения отверстий средних диаметров (рис. 6.3).

Корпус 4 (рис. 6.3а) имеет тройник 3, в котором находятся два измерительных стержня: чувствительный 10 и базирующий 2 в виде сменного штифта. Перемещение чувствительного измерительного стержня через рычаг 9, стержни 8 и 6 воспринимается измерительной головкой, закреплённой в хомутике стопорным винтом 7. Пружина 5 создает измерительное усилие и обеспечивает надежный контакт измерительных стержней. Центрирующий мостик 11 необходим для такой установки нутромера, при которой измерительный наконечник располагался бы не по хорде, а по диаметру измеряемого отверстия.

Сменный базирующий стержень 2 закрепляется в тройнике гайкой 1. Путём использования различных размеров сменных стержней, отличающихся друг от друга на 5 мм, и подкладываемых под них сменных шайб толщиной 0,5; 1; 2 и 3 мм подбирают настроечный размер в соответствии с диаметром изменяемого отверстия.

Более современна конструкция нутромера, показанная на рисунке 6.3б, главное отличие которого заключается в том, что центрирующий мостик представляет собой не скользящую по тройнику втулку, а рычаг 6, который контактирует с измеряемой деталью путем поджатия пружиной 5 втулки 4. Кроме того, сменный базирующий стержень 1 со сменными шайбами 2 вместо крепления к тройнику гайкой ввинчивается в тройник непосредственно, либо через удлинитель 3. Несколько отличается и конструкция хомутика со стопорным винтом 7 для закрепления измерительной головки.



а) б)

Рис. 6.3. Устройство индикаторного нутромера

Порядок выполнения работы

1. Определить при помощи штангенциркуля диаметр подлежащего измерению отверстия, если его номинальный размер не указан на детали.

2. Подобрать сменный штифт и сменные шайбы таким образом, чтобы их суммарный размер (согласно, маркировке) отличался от размера, определенного штангенциркулем (номинального), не более чем на 0,5 мм, и закрепить их в тройнике либо при помощи гайки 1 (рис. 6.3а), либо путем непосредственного ввинчивания (рис. 6.3б).

3. В соответствии с номинальным размером диаметра измеряемого отверстия набрать блок плоскопараллельных концевых мер длины, притереть к нему боковички и зажать в струбцине.

4. Настроить показание нутромера на нуль. Для этого поместить измерительные наконечники между плоскостями боковичков и, покачивая нутромер в направлении стрелки А и поворачивая его по стрелке В (рис. 6.2), найти положение, соответствующее наименьшему размеру. В этом положении установить нулевое показание поворотом шкалы индикатора.

5. Измерить отклонения диаметра отверстия детали. Для этого наклонить нутромер относительно отверстия в сторону центрирующего мостика, ввести его в этом положении в измеряемое отверстие, а затем установить ось корпуса нутромера параллельно оси отверстия. Покачивая прибор, найти положение, соответствующее наименьшему показанию измерительной головки, и произвести отсчет. Следует иметь в виду, что отклонение от нуля по часовой стрелке указывает на уменьшение размера.

6 Выполнить пять измерений в различных сечениях и занести в таблицу формы отчета.

7. Вычислить среднее значение измерений

$$\bar{t} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} l_i$$

8. Вычислить среднюю квадратичную погрешность

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\Delta l_i)^2}{n(n-1)}}$$

9. Вычислить границу доверительного интервала $\Delta l = 2s$

10. Оформить отчёт:

- Данные о приборе: наименование, цена деления, пределы измерения.
- Таблица результатов измерений и расчётов (см. форму отчёта).
- Окончательный результат измерения диаметра отверстия.

Контрольные вопросы

1. Как работает индикатор часового типа?
2. Для чего служит большая и малая стрелка на циферблате индикатора?
3. Как определить цену деления индикатора часового типа?

Форма отчёта

Работа 6	**Измерение диаметра отверстия индикаторным нутромер**		
Данные о приборе			
Наименование прибора		Цена деления	Пределы измерения
Результаты измерений и расчётов			
Номер измерений	Результат измерения отклонения размера l_i, мм	Отклонение от среднего $\Delta l_i = l_i - \bar{l}$, мм	Квадрат отклонения от среднего $(\Delta l_i)^2$, мм^2
1	l_1	$\Delta l_1 = l_1 - \bar{l}$	$(\Delta l_1)^2$
2	l_2	$\Delta l_2 = l_2 - \bar{l}$	$(\Delta l_2)_2$
3			
4			
n	l_n	$\Delta l_n = l_n - \bar{l}$	$(\Delta l_n)_2$
Сумма	$\sum_{i=1}^{n} l_i$		$\sum_{i=1}^{n} (\Delta l_i)^2$
Среднее значение	$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} l_i$		$S_l = \sqrt{\frac{\sum (\Delta l_i)^2}{n(n-1)}}$

Лабораторная работа7

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРОВ КАЛИБРА-ПРОБКИ С ПОМОЩЬЮ МИКРОКАТОРА

Цель работы

Освоить методику измерения наружных размеров деталей рычажными измерительными приборами.

Пружинные измерительные головки основаны на использовании передаточных механизмов (преобразователей) в виде плоской скрученной ленты толщиной 0,004–0,016 мм, изготовленной из специальной калиброванной бронзовой проволоки, и имеют высокие метрологические параметры. Механизмы из скрученной ленты используются в измерительных головках пружинного типа ИГП — микрокаторах (рис. 7.1).

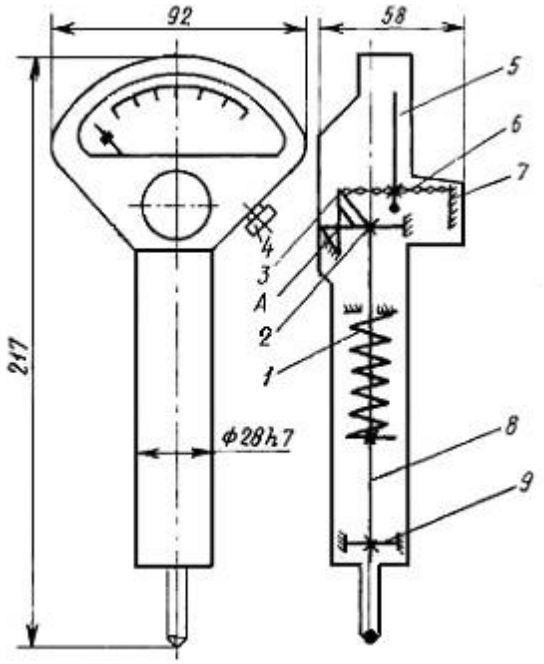


Рисунок 7.1. Схема микрокатора

Погрешность пружинных измерительных головок, как правило, колеблется в пределах удвоенного значения цены деления.

Наиболее распространёнными пружинными измерительными головками, серийно выпускаемыми в соответствии с ГОСТ 6933-81, являются микрокаторы.

В микрокаторе (рис. 7.1.) пружинная лента 6, скрученная от середины в разных направлениях (правое и левое), прикреплена с одной стороны к неподвижному кронштейну 7, а с другой – к угольнику, который может покачиваться вокруг точки А на двух плоских пружинах 2 и 3. В средней части ленты прикреплена тонкая стрелка 5. Измерительный стержень 8, укрепленный в корпусе прибора на двух плоских пружинах 2 и 9, совершает поступательное движение. При перемещении измерительного стержня происходит поворот угольника и

растяжение ленты. При растяжении лента 6 раскручивается, что, в свою очередь, вызывает поворот стрелки вокруг оси ленты. Измерительное усилие создаётся пружиной 1.

Микрокаторы с ценой деления от 1 до 10 мкм используются в сочетании с выпускаемой по ГОСТ 10197–70 стойкой С-11 (рис. 7.2). На основании 1 неподвижно закреплена цилиндрическая колонка 2 с резьбой и плоский столик 13. Вдоль по колонке с помощью гайки 3 может перемещаться кронштейн 4 и стопориться в нужном положении винтом 5. Микрокатор 8 с арретиром 12 закрепляется винтом 11 во втулке 10, которая на плоских пружинах 6 подвешена к кронштейну 4. Микроподача микрокатора осуществляется винтом 7. Установка нулевого показания производится с помощью винта 9.

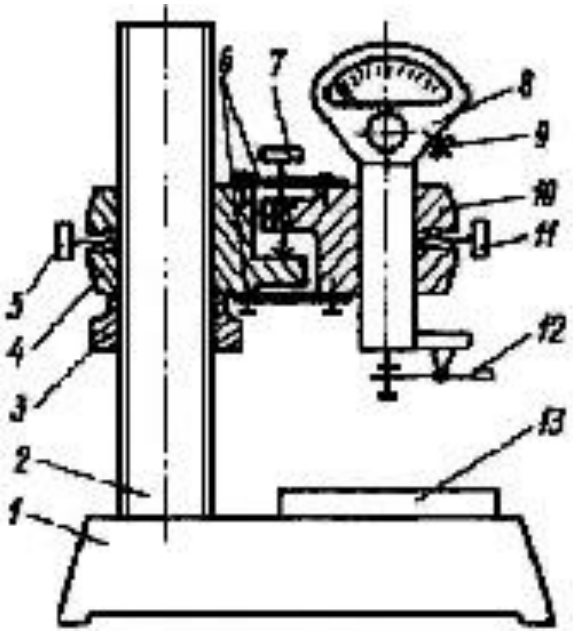


Рис. 7.2. Установка микрокатора на стойке

В данной работе при помощи микрокатора предлагается выполнить измерение действительных размеров предельных калибров-пробок.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство, принцип измерения и метрологические характеристики микрокатора на стойке.

2. По маркировке на калибре определить, для проверки какого отверстия он предназначен (номинальный диаметр отверстия, допуск, отклонения и предельные размеры отверстия).

3. Согласно номинальному размеру измеряемого калибра набрать блок концевых мер.

Номинальный размер проходной стороны у пробок соответствует наименьшему предельному размеру отверстия.

Номинальный размер непроходной стороны у пробок соответствует наибольшему предельному размеру отверстия.

4. По блоку мер настроить микрокатор на нуль. Для этого установить блок на столике 13 (рис. 7.2). Отвернуть винт 5 и плавным перемещением кронштейна 4 по колонке 2 с помощью гайки 3 установить микрокатор 8 так, чтобы между измерительным наконечником и плоскостью меры оставался зазор 0,5–1 мм. Закрепить кронштейн на колонке стопорным винтом 5. Вращением микровинта 7 опускать микрокатор до тех пор, пока его показание не будет равно нулю. Если стрелка несколько не совпадает с нулевым штрихом, то поворотом шкалы винтом 9, расположенным с правой стороны микрокатора, можно добиться этого совпадения.

5. Проверить стабильность установки. Для этого несколько раз нажать и отпустить арретир 12. Если стрелка прибора сместится с установленного положения, необходимо проверить надежность крепления стопорными винтами 5 (кронштейна) и 11 (микрокатора) и снова установить шкалу на нуль. Затем нажать на арретир и снять блок мер со столика.

6. Измерить диаметр проходной и непроходной сторон калибра. Для этого установить деталь на столик под измерительный наконечник. При этом необходимо прижимать калибр к столику не за рукоятку, а за рабочую часть так, чтобы образующая измеряемой поверхности плотно прилегала к плоскости столика. Для измерения диаметра (наибольшей хорды) его необходимо перемещать скользя или прокатывая по столику прибора. Отсчет по шкале прибора производить в момент, соответствующий максимальному показанию. При отсчете обратить внимание на знак отклонения. Измерять диаметр калибра следует не менее трех раз, потом найти среднее значение.

7. Дать заключение о годности измеряемых калибров (см. работу 2 «Проверка размеров скобы концевыми мерами длины») и построить схему полей допусков.

8. Оформить отчёт по прилагаемой форме.

Контрольные вопросы

1. Устройство, принцип действия и метрологические характеристики микрокатора.
2. Какую область применения имеют микрокаторы?
3. Метод измерения и настройка микрокатора для измерений?
4. Как располагаются на схемах поля допусков гладких предельных калибров-пробок?
5. Как формулируется заключение о годности калибра?

Форма отчёта

<table>
<tr><td>Работа 7</td><td colspan="5">Измерение диаметров калибра-пробки с помощью микрокатора</td></tr>
<tr><td colspan="2">Данные о приборе</td><td colspan="4">Данные о детали</td></tr>
<tr><td>Наименование</td><td></td><td>Наименование</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Цена деления</td><td></td><td>Маркировка</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Пределы измерения по шкале</td><td></td><td>Номинальный размер ПР</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Пределы измерения прибора</td><td></td><td>Номинальный размер НЕ</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Схема прибора</td><td colspan="4">Показания прибора</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="5">(рисунок 7.2)</td><td>Измерение</td><td>ПР</td><td colspan="2">НЕ</td></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Среднее</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="6">Схема полей допусков. Заключение о годности</td></tr>
</table>

Лабораторная работа8
ИЗМЕРЕНИЕ БИЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ УСТАНОВЛЕННЫХ В ЦЕНТРАХ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРА ЧАСОВОГО ТИПА

Цель работы

Получения практических навыков по определению величины радиального и торцевого биения с помощью индикатора часового типа.

Согласно ГОСТ 24642–81, и радиальное, и торцевое биения относятся к суммарным отклонениям формы и расположения.

Радиальным биением называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси. Радиальное биение является результатом совместного влияния отклонения от соосности рассматриваемого профиля (сечения) с базовой осью и некруглости этого профиля (сечения).

Торцевым биением называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Торцевое биение является результатом совместного влияния отклонения от перпендикулярности торцевой поверхности относительно базовой оси и отклонений от плоскостности этой поверхности в измеряемом сечении.

В данной работе предусмотрено измерение радиального и торцевого биений на специальном приспособлении (рис. 8.1). Схема измерения представлена в таблице 8.1.

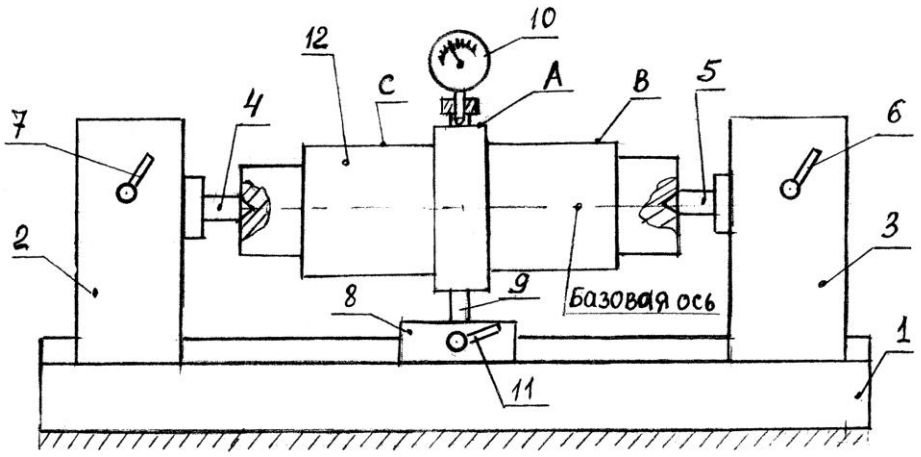


Рис. 8.1. Приспособление для измерения биения

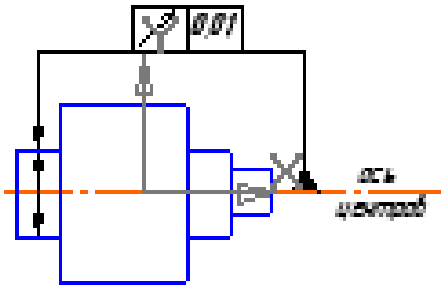
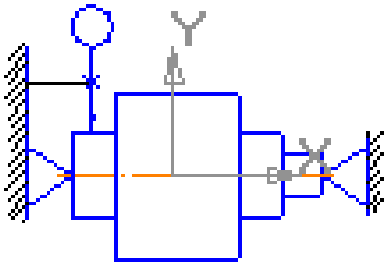
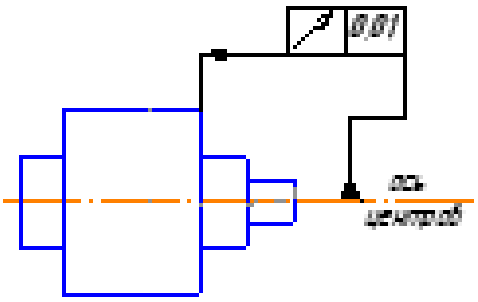
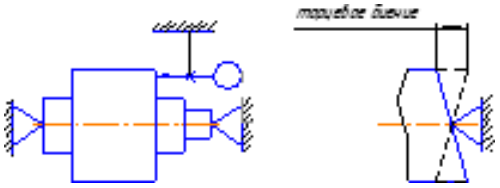
Приспособление состоит из станины 1, двух неподвижных опор 2, 3 с центрами 4, 5 и стопорными устройствами 6, 7 для неподвижной фиксации опор 2, 3, на станине 1 и промежуточной подвижной опоры 8, снабжённой стержнем 9, для крепления индикатора 10.

Промежуточная опора 8 также снабжена стопорным устройством 11. Установка исследуемой детали 12 в центрах 4, 5 осуществляется путем снятия стопоров 6, 7 и перемещения подвижных опор 2, 3 по станине 1, после чего опоры крепятся стопорами 6 и 7.

Установка индикатора 10 на одну из контролируемых поверхностей (A, B, C), осуществляется путем освобождения стопора 11 и перемещения промежуточной опоры 8, затем опора закрепляется.

Таблица 8.1

Таблица измеряемых биений

Измеряемое биение	Обозначение допуска по ГОСТ 2.308-79	Схема измерения
Радиальное биение от оси центров		
Торцевое биение от оси центров		

Порядок выполнения работы

Радиальное биение в центрах

1. Установить исследуемую деталь 12 (рис. 8.1) в центрах 4, 5.

2. Установить индикатор 10 на одну из контролируемых поверхностей (A, B, C), например поверхность A, затем в ручную провернуть деталь 12 на один оборот и снять отсчёт по индикатору. Измерения повторить три раза по каждой из поверхностей.

3. Результаты измерений занести в форму отчёта.

Торцевое биение в центрах

1. Установить исследуемую деталь 12 (рис. 8.1) в центрах, расположить индикатор таким образом, чтобы его измерительный стержень располагался вдоль оси детали и касался измеряемого торца на возможно большем расстоянии от оси. Добиться показания индикатора примерно 0,5–1 мм;

2. Медленно вращая деталь, определить торцевое биение как разность между наибольшим и наименьшим показаниями индикатора. Измерения повторить три раза по каждой из поверхностей.

3. Результаты измерений занести в форму отчёта.

Содержание отчёта

1. Сведения об измеряемой детали.
2. Эскиз установки для измерения биений детали установленной в центрах.
3. Таблицы результатов измерений и расчётов (отдельно для измерения радиального и торцевого биений).

Контрольные вопросы

1. Какие измерительные приборы применяются для измерений радиальных и торцевых биений?
2. Что такое радиальное (торцевое) биение?
3. Что такое базовая ось?

Форма отчёта

Работа 8	**Измерение радиального и торцевого биений**		
Метод контроля	Поверхность контроля	Действительное значение биения T, мм	Среднее значение биения $T = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T_i$, мм
Радиальное биение (торцевое биение) в центрах	A		
	B		
	C		

Лабораторная работа9

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ С ПОМОЩЬЮ СИНУСНОЙ ЛИНЕЙКИ

Цель работы

Освоить методику измерения углов инструментальных конусов косвенным методом.

Синусную линейку применяют для косвенного измерения углов, допуск на которые задаётся отрезком на перпендикуляре к стороне угла.

Синусная линейка (рис. 9.1) представляет собой сочетание стального бруса 1, имеющего измерительную плоскость с одной стороны, и двух роликов 2 и 5 одинакового диаметра, прикреплённых с другой стороны на строго определенном расстоянии друг от друга.

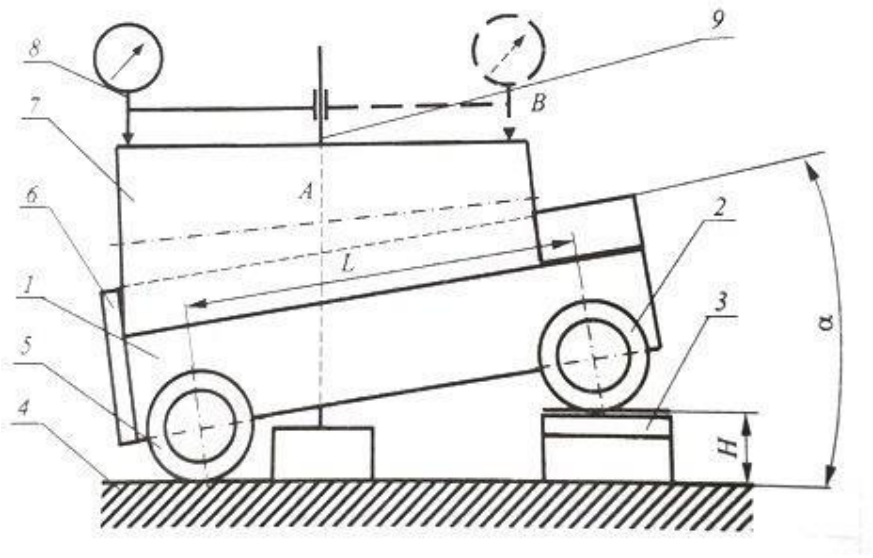


Рис. 9.1. Синусная линейка

Синусную линейку устанавливают роликами на поверочную плиту 4. Под один из роликов подкладывают блок концевых мер 3 такого размера, чтобы измерительная плоскость синусной линейки расположилась под заданным углом к поверочной плите. Деталь 7 рекомендуется располагать на измерительной плоскости синусной линейки так, чтобы она прижималась к боковым упорам 6. На той же поверочной плите рядом с синусной линейкой располагается своим основанием штатив 9 с закрепленной в нем измерительной головкой 8.

Очевидно, что размер блока концевых мер длины для установки измерительной плоскости синусной линейки под заданным углом к поверочной плите равен:

$$H = B/\sin\alpha,$$

где B — расстояние между роликами синусной линейки (100, 200 или 300 мм).

В работе предусмотрено измерение углов инструментальных конусов, для которых размеры блоков концевых мер длины при расстоянии между роликами 100 мм даны в таблице.

Порядок выполнения работы

1. Масштабной линейкой или штангенциркулем измерить наибольший диаметр и длину измеряемой конической поверхности (длину конуса L).

Определить по таблице 9.1 номер конуса, его номинальный угол и соответствующий размер блока концевых мер для расстояния между роликами синусной линейки 100 мм. При других расстояниях между роликами пересчитать необходимый размер блока концевых мер длины.

Таблица 9.1

Номинальные углы инструментальных конусов

Система конусов	Номер конуса	Примерный набольший диаметр конуса, мм	Угол конуса		Размер блока концевых мер длины, мм $H = 100\sin\alpha$
			рад	град	
Морзе	0	9	0,05204	$2,9816^\circ = 2^\circ 58' 54''$	5,202
	1	12	0,04987	$2,8575^\circ = 2^\circ 51' 27''$	4,985
	2	18	0,04994	$2,8613^\circ = 2^\circ 51' 41''$	4,992
	3	24	0,05018	$2,8754^\circ = 2^\circ 52' 31''$	5,016
	4	31	0,05193	$2,9751^\circ = 2^\circ 58' 30''$	5,19
	5	44	0,05261	$3,0146^\circ = 3^\circ 00' 52''$	5,259
	6	63	0,05213	$2,9866^\circ = 2^\circ 59' 12''$	5,210
Метрическая	4 6 80 100 120 160 200	4 6 80 100 120 160 200	0,04999	$2,8642^\circ = 2^\circ 51' 51''$	4,997

2. Составить блок концевых мер длины необходимого размера.

3. Установить синусную линейку роликами на поверочную плиту и подложить под один из роликов составленный блок концевых мер длины.

Положить на измерительную плоскость синусной линейки конус так, чтобы он прижимался к боковым упорам, а его наивысшая образующая располагалась примерно параллельно поверочной плите. При наличии у синусной линейки центров можно установить конус в них.

4. На поверочную плиту рядом с синусной линейкой установить штатив и закрепить в его гнезде измерительную головку с ценой деления 0,01 мм.

5. Перемещая штатив по поверочной плите, добиться касания наконечника измерительной головки с конусом в одной из точек наивысшей его образующей и установить показание измерительной головки около 0,5 мм.

6. Перемещая штатив по поверочной плите, найти и записать в форму отчёта наибольшие показания измерительной головки в двух точках А и С образующей конуса, расположенных на расстоянии 2–3 мм от его краев.

Проделать указанные операции для четырех образующих конуса, расположенных примерно через 90° по окружности, и найти среднее арифметическое значение разностей показаний измерительной головки в точках А и С. При этом необходимо учитывать, что, если показание в точке С больше, чем в точке А, то разность показаний положительна, и наоборот.

7. Найти действительное значение угла конуса, для чего в установленное на синусной линейке (номинальное) значение угла ввести поправку с соответствующим знаком.

8. В соответствии с указанной преподавателем степенью точности 4–8 дать заключение о годности наружного угла инструментального конуса, сравнив разность показаний измерительной головки в точках А и С с предельными отклонениями (таблица 9.2).

9. Оформить отчёт по прилагаемой форме.

Таблица 9.2

Конусы инструментальные. Основные размеры и допуски

Система конусов	Номер конуса	Примерный набольший диаметр конуса, мм	Номинальная конусность	Длина измерения угла конуса L, мм	Предельные отклонения угла конуса на длине конуса, мкм				
					Степень точности				
					4	5	6	7	8
Морзе	0	9	0,05204	49	4	6	10	16	25
	1	12	0,04987	52	4	6	10	16	25
	2	18	0,04994	64	4	6	10	16	25
	3	24	0,05018	79	5	8	12	20	30
	4	31	0,05193	100	6	10	16	25	40
	5	44	0,05261	126	6	10	16	25	40
	6	63	0,05213	174	6	10	16	25	40
Метрическая	4	4	0,04999	25	-	-	8	12	20
	6	6		35	-	-	10	12	25
	80	80		180	6	10	16	25	40
	100	100		212	8	12	20	30	50
	120	120		244	10	16	25	40	60
	160	160		308	10	16	25	40	60
	200	200		372	12	20	30	50	80

Примечание. Для наружных конусов верхнее предельное отклонение со знаком «+», нижнее равно нулю. Для внутренних конусов нижнее предельное отклонение со знаком «–», верхнее равно нулю.

Контрольные вопросы

1. Применение синусной линейки.
2. Устройство и принцип действия синусной линейки.
3. Метод измерения и настройка синусной линейки.

Форма отчёта

<table>
<tr><td>Работа 9</td><td colspan="5">Измерение углов с помощью синусной линейки</td></tr>
<tr><td colspan="3">Данные о средствах измерения</td><td colspan="3">Данные о детали</td></tr>
<tr><td colspan="2">Цена деления измерительной головки, мм</td><td></td><td colspan="2">Наибольший диаметр конуса, мм</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Пределы измерения измерительной головки, мм</td><td></td><td colspan="2">Номер конуса</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Расстояние между роликами синусной линейки, мм</td><td></td><td colspan="2">Длина конуса, мм</td><td>$L =$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Размер блока концевых мер длины, мм</td><td>$H =$</td><td colspan="2">Номинальный угол конуса</td><td>$\alpha =$</td></tr>
<tr><td colspan="3">Схема измерения</td><td colspan="3">Показания прибора, мм</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="6">Рисунок 9.1</td><td>№</td><td>точка А</td><td>точка С</td><td>разность</td></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Среднее значение</td><td>$\overline{\Delta}$</td></tr>
<tr><td colspan="3">Поправка $\Delta\alpha = \frac{\overline{\Delta}}{L}$</td><td colspan="3">Действительный угол конуса</td></tr>
<tr><td colspan="6">Заключение о годности</td></tr>
</table>

Лабораторная работа10
ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МИКРОСКОПА

Цель работы

Освоить методику измерения линейных и угловых размеров деталей с помощью инструментального микроскопа БМИ.

Инструментальные микроскопы (ГОСТ 8074–82) предназначены для измерения длин, углов, элементов резьб, конусов и различных профилей.

Большой инструментальный микроскоп (рис. 10.1) состоит из основания 20 с координатным предметным столиком 18 и колонны 7 с тубусом микроскопа 4. Предметный столик установлен на салазках, передвигающихся относительно основания прибора на шариковых опорах в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

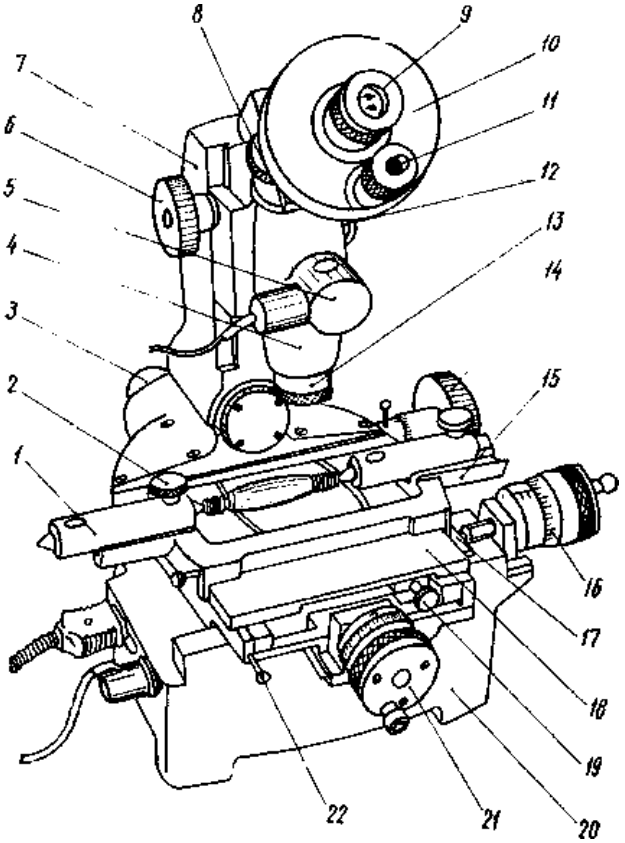


Рис. 10.1. Большой инструментальный микроскоп

Стол перемещают с помощью двух микрометрических винтов 16 и 21. Целые миллиметры отсчитывают по шкале стебля, а доли — по шкале барабана (цена деления 0,005 мм). С помощью микровинтов стол можно перемещать на 25 мм. Пределы измерения могут быть изменены, если между измерительной поверхностью микрометрического винта и столом установить концевую меру длины 17; максимальный размер меры 50 мм.

При измерении деталь устанавливают непосредственно на предметное стекло или, если деталь имеет центровые гнезда, между центрами 1 накладного столика 15 и закрепляют винтами 2. Если требуется расположить деталь так, чтобы её ось была параллельна продольным направляющим прибора, следует винтом 19 повернуть верхнюю часть предметного стола.

Деталь обычно освещается снизу параллельным пучком лучей от источника света 3, расположенного под колонной микроскопа. Теневое изображение детали проектируется объективом на штриховую окулярную пластинку головки 10; таким образом, и штрихи, и изображение детали рассматриваются через окуляр 9. Обычно применяют объективы 13 с увеличением 3^x, а окуляры — 10^x, поэтому общее увеличение микроскопа 30^x.

При измерении углов окулярную штриховую пластинку можно поворачивать маховиком 8. Угол поворота отсчитывают по шкалам угломерного микроскопа 11 (по основной шкале с ценой деления 1° и по дополнительной шкале с ценой деления 1'). Шкалы угломерного микроскопа освещаются при помощи зеркальца от осветителя 5.

Чтение показаний

При угловых измерениях изделие устанавливают таким образом, чтобы одна образующая его угла совпала с центральной штриховой линией сетки при совпадении вершины угла с оптической осью микроскопа. При этом в отсечном угломерном микроскопе производится первый отсчёт (желательно, чтобы он был равен нулю). Затем поворачивается штриховая сетка до совпадения центральной штриховой линии со второй образующей угла изделия и производится второй отсчет.

Если первый отсчёт равняется нулю, то второй будет являться результатом измерения. Если первый отсчёт не равнялся нулю, то надо вычесть его величину из второго отсчёта и получить результат измерения. На рисунке 10.2 приведен пример отсчёта показания 38º26´.

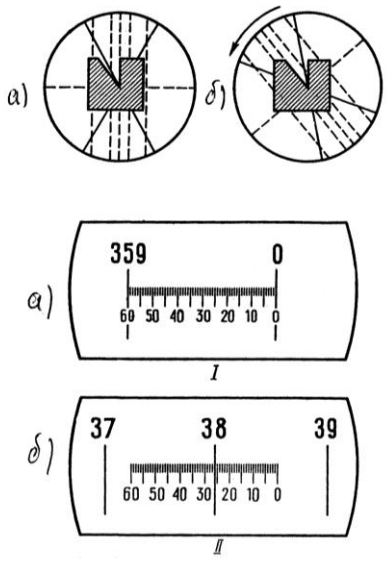


Рис. 10.2. Показания: I —0, II — 38º26´. Результат измерения: 38º26´

Измерение линейных размеров на инструментальном микроскопе заключается в определении разности отсчёта при двух последовательных совмещениях одной и той же пунктирной линии окулярной головки с краями теневого изображения контролируемого элемента, например при измерении параметров резьбы, шага резьбы и среднего диаметра резьбы (рис. 10.3).

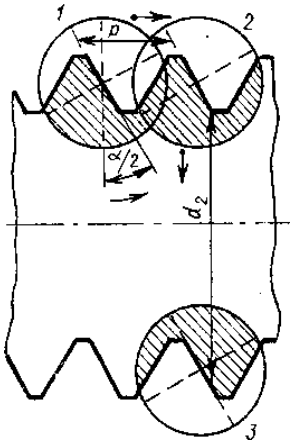


Рис. 10.3. Схема измерения параметров резьбы

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принципы измерения углов изделий с помощью инструментального микроскопа.
2. Установить изделие на стол микроскопа.
3. Отрегулировать микроскоп на резкость.
4. Установить изделие так, чтобы одна образующая угла совпала с центральной (вертикальной) штриховой линией сетки при совпадении вершины угла с оптической осью микроскопа (рис. 10.2а).
5. Произвести первый отсчёт в угломерном окуляре (рис. 10.2а). Желательно, чтобы он был равен нулю.
6. Повернуть штриховую сетку до совпадения её центральной штриховой линии со второй образующей угла изделия (рис. 10.2б).
7. Произвести второй отсчёт в угломерном окуляре (рис. 10.2б).
8. Измерение произвести не менее трёх раз. Результаты измерений занести в таблицу 10.1.

Содержание отчета

1. Сведения об испытуемом образце и инструментальном микроскопе.
2. Эскиз хода лучей в инструментальном микроскопе.
3. Таблица результатов измерений и вычислений.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен инструментальный микроскоп?
2. Какова цена деления окулярной угломерной головки?
3. Каковы пределы измерения угловых размеров?
4. Каково увеличение микроскопа?

Форма отчёта

Работа 10	**Измерение размеров деталей с помощью инструментального микроскопа**		
Данные о приборе			
Наименование	Цена деления микровинтов	Цена деления угло-мерного микроскопа	Пределы измерения
Результаты измерения			
Линейные измерения			

Номер измерений	Первый отсчет l_1, мм.	Второй отсчет l_2, мм.	Результат измерений $l = \|l_1 - l_2\|$, мм	Среднее значение $\bar{l} = \frac{1}{l}\sum l$, мм.
1				
2				
3				
4				
5				

Угловые измерения

Номер измерений	Первый отсчет φ_1, град.	Второй отсчет φ_2, град.	Результат измерений $\varphi = \|\varphi_1\text{-}\varphi_2\|$, град.	Среднее значение $\bar{\varphi} = \frac{1}{n}\sum \varphi$, град.
1				
2				
3				
4				
5				

Лабораторная работа11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Цель работы

Изучить методы поверки измерительных приборов, основные метрологические характеристики, определяемые при поверке.

Любое измерение производится с определённой точностью, то есть характеризуется погрешностью. Абсолютной погрешностью измерительного прибора является разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины. Так как истинное значение неизвестно, то на практике вместо истинного пользуются действительным значением измеряемой величины, которое воспроизводится либо с помощью меры, либо с помощью образцового прибора.

В первом случае погрешность определяется по шкале самого поверяемого прибора, а во втором случае — по шкале образцового прибора, цена деления, а соответственно и погрешность которого выбирается обычно в 5–10 раз меньше, чем у поверяемого.

Схема установки для определения погрешностей прибора дана на рисунке 11.1.

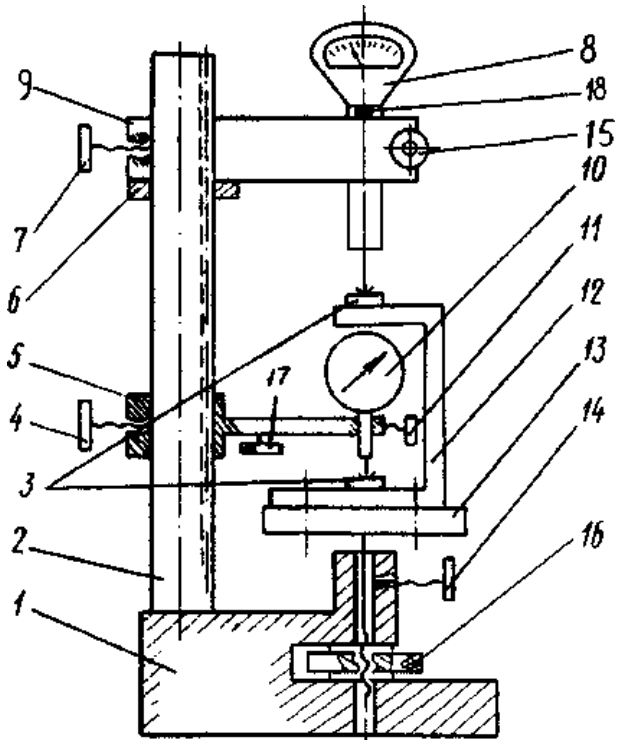


Рис. 11.1. Схема установки

Стойка состоит из основания 1 и колонны 2, по которой гайкой 6 можно перемешать образцовый измерительный прибор 8 и фиксировать его в нужном положении стопорным винтом 7. Столик 13 можно перемещать через винтовую передачу гайкой 16 и стопорить в нужном положении винтом 14.

Поверяемый прибор 10 закрепляется в специальном кронштейне 5 и помещается внутри скобы 12, которая закрепляется на столике и имеет две находящиеся друг под другом пятки 3 с плоскими мерительными поверхностями. Эта скоба дает возможность расположить оси измерительных стержней образцового 8 и поверяемого прибора 10 на одной прямой (принцип Аббе), что уменьшает погрешности, связанные с перекосами.

В качестве образцового измерительного прибора можно использовать микрокатор ИГП. Микрокаторы выпускаются с ценой деления шкалы от 0,1 до 10 мкм (0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 мкм) и поэтому удобны для поверки приборов с различной ценой деления.

В данной работе используются микрокаторы 01ИГП и 1ИГП, т.е. с ценой деления 0,1 и 1 мкм соответственно и пределами измерения ±4мкм и ±30 мкм (допускаемые погрешности 0,1 мкм и 0,4 мкм).

Поверяемые приборы: измерительные головки типа ИГ, многооборотные измерительные головки типа МИГ, индикаторы часового типа.

Измерительные головки типа ИГ изготавливаются следующих типоразмеров: типа 1ИГ с ценой деления 0,001мм и пределом измерения ±0,05мм и типа 2ИГ с ценой деления 0,002мм и пределом измерения ±0,10мм. Основные данные головок (таблица 11.1).

Таблица 11.1

Основные допускаемые погрешности однооборотных измерительных головок

Предел основной допускаемой погрешности, (мкм)	**1ИГ**	**2ИГ**
на границе шкалы 0 ± 30 делений	±0,40	±0,80
свыше ± 30 делений	±0,70	±1,20
размах показаний деления шкалы	0,20	0,40

Индикаторы типа МИГ относятся к группе многооборотных измерительных головок. Выпускаются два типа измерительных головок 1МИГ и 2МИГ (Таблица 11.2).

Таблица 11.2

Основные данные многооборотных измерительных головок

Основные данные головок	**1МИГ**	**2МИГ**
Цена деления, мкм	1	2
Диапазон измерений, мм	0–1	0–2
Предел основной допускаемой погрешности на участке шкалы, мкм:		
200 делений	2	3
1 мм	2,5	4,0
2 мм	–	5,0

Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм принадлежат к числу зубчатых приборов, широко применяемых при линейных измерениях.

Индикаторы выпускают двух классов точности 0 и 1 с пределами измерений 0–2; 0–5 и 0–10 мм. Погрешность индикаторов не долина превышать значений, приведенных в таблице 11.3.

Таблица 11.3

Основные параметры индикаторов часового типа

Предел допускаемой основной погрешности, мкм	Класс точности	
	0	1
0,1 мм на любом участке шкалы	4	6
1 мм на любом участке шкалы	8	10
Всей шкалы с пределом измерения		
0–2	10	12
0–5	12	16
0–10	15	20
Погрешность обратного хода, мкм	2	3
Размах показаний, мкм	3	3

Для зубчатых и рычажно-зубчатых измерительных приборов (индикаторов ИЧ и головок ИГ, МИГ) основными параметрами статической погрешности средств измерения являются: систематическая составляющая Δс; среднее квадратическое отклонение случайной составляющей σ, определяющее наибольший размах 6σ; смещение показаний погрешностей С.

Погрешности показывающих приборов определяются как погрешности показаний в одной или нескольких точках диапазона измерения, при неизменных внешних условиях.

Погрешности приборов командного типа, таких как контрольно-сортировочные автоматы, разбраковочные устройства, индикаторы контакта и т. п. определяются как погрешности выходного сигнала измерительного преобразователя (погрешности срабатывания).

В том и другом случае погрешности определяют при многократном воспроизведении с помощью экспериментальной установки (рис. 11.1) одного и того же показания или одного и того же сигнала поверяемого прибора, фиксируя каждый раз показания образцового прибора.

Сначала *n* раз воспроизводят одно и то же показание (сигнал) при медленном подходе к нему, например, со стороны меньших значений измеряемого размера (при медленном подъеме измерительного столика 13). При этом фиксируют *n* показаний образцового прибора $\Delta_{мi}$ и находят среднее значение:

$$\overline{\Delta}_{м} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \Delta_{мi}$$

Затем *n* раз воспроизводят одно и то же показание (сигнал) при медленном подходе к нему со стороны больших значении измеряемого размера (при медленном опускании измерительного столика 13). При этом снова фиксируют *n* показаний образцового прибора $\Delta_{бi}$ и находят среднее значение:

$$\overline{\Delta}_{б} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \Delta_{бi}.$$

Систематическая составляющая погрешности поверяемого прибора определяется полусуммой найденных средних значений

$$\Delta c = \frac{1}{2}\left(\overline{\Delta}_{м} + \overline{\Delta}_{б}\right).$$

Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности поверяемого прибора определяется как общая оценка для $\Delta_{мi}$ и $\Delta_{бi}$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\Delta_{мi} - \overline{\Delta}_{м}\right)^2 + \frac{1}{n-1}\sum_{n-1}^{n}\left(\Delta_{бi} - \overline{\Delta}_{б}\right)^2} = \sqrt{\sigma_{м}^{2} + \sigma_{б}^{2}}\ .$$

Смещение показания (сигнала) определяется абсолютной величиной разности

$$C = \left|\overline{\Delta}_{м} - \overline{\Delta}_{б}\right|.$$

Зная основные параметры погрешности поверяемого прибора, можно приближенно определить тот интервал, в котором находится погрешность в одной из точек диапазона изменения (уровня настройки) данного экземпляра средства измерения

$$\Delta = \Delta c \pm \left(\frac{C}{2} + 3\sigma\right).$$

Эта формула получена из предположения, что случайные погрешности подчинены закону нормального распределения.

Действительно, практика показывает, что в большинстве случаев погрешности измерения подчинены нормальному закону распределения, однако в этом рекомендуется убедиться при проведении каждого эксперимента.

Гипотеза о соответствии эмпирического распределения нормальному может быть проверена либо с помощью критерия согласия χ^2 либо ориентировочно визуально простым сравнением совмещенных графиков эмпирического и теоретического распределений.

В данной работе необходимо осуществить поверку зубчатых или рычажно-зубчатых измерительных приборов (индикатора ИЧ или головок ИГ, МИГ). Обработать результаты наблюдений. Подсчитать систематические погрешности Δc, средние квадратические отклонения σ и смещения показаний (сигналов) *C*, определив в результате интервал этих погрешностей. Построить для всех случаев полигоны эмпирических распределений и кривые нормального распределения (см. форму отчета, Часть I, II и III).

Порядок выполнения работы

1. Опустить столик 13 (рис. 11.1) вращением против часовой стрелки гайки 16 при отпущенном стопоре 14.

2. Установить в кронштейн 9 и закрепить винтом 15 один из образцовых измерительных приборов, например, микрокатор 01ИГП.

3. Отпустить винт 7 и, поворачивая и перемещая кронштейн 9 с помощью гайки 6, установить его так, чтобы измерительный стержень микрокатора располагался над серединой верхней пятки 3 скобы 12 на расстоянии примерно 0,5 мм от мерительной поверхности; закрепить кронштейн винтом 7 в этом положении.

4. Вращением гайки 16 по часовой стрелки поднять столик 13 до соприкосновения измерительного наконечника микрокатора с верхней пяткой скобы 12 и установить по шкале нулевое показание (уровень настройки).

5. Установить в кронштейн 5 и закрепить винтом 11 один из поверяемых приборов.

6. Отпустить винт 4 и, поворачивая и перемещая кронштейн 5, установить его так, чтобы измерительный стержень располагался над серединой нижней пятки скобы на расстоянии примерно 0,5 мм от мерительной плоскости; закрепить кронштейн в этом положении винтом 4.

7. Установить показание поверяемого средства по шкале на нуль. Для этого медленно опустить подвижную часть кронштейна 5 (рис. 11.1) путем вращения микрометрического винта 17 против часовой стрелки.

8. Убедиться, что не изменилось установленное показание образцового прибора, в случае необходимости ввести поправку, для чего у микрокатора предусмотрен специальный винт 18.

9. Определить погрешность установленной нулевой точки при подходе к ней со стороны меньших размеров. Для этого опустить столик 13 на 5–10 мкм и вновь медленно поднять его до получения заданного нулевого показания. Произвести отсчет по шкале образцового прибора и записать в таблицу (см. форму отчета, Часть I). Повторить эту операцию 50 раз, получив 50 значений $\Delta_{мi}$.

10. Определить погрешность установленной нулевой точки при подходе к ней со стороны больших размеров. Для этого поднять столик 13 на 5–10 мкм и вновь медленно опустить его до получения заданного показания. Произвести отсчет по шкале образцового прибора и записать в таблицу (см. форму отчета, Часть I). Повторить эту операцию 50 раз, получив 50 значений.

11. По вышеизложенной методике осуществить поверку индикатора часового типа ИЧ-10 и рычажно-зубчатой головки 1ИГ или 1МИГ (по указанию преподавателя).

12. Обработать результаты наблюдений. Подсчитать систематические Δ_c, средние квадратические отклонения σ и смещения показаний (сигналов) С, определив в результате интервал этих погрешностей по формулам (форма отчета, Часть II).

Построить для всех случаев полигоны эмпирических распределений и кривые нормального распределения по методике, приведенной ниже.

Построение кривых распределения

1. Из полученного ряда выбрать максимальное и минимальное значения.

2. Разбить весь ряд показаний (между максимальным и минимальным значениями) на несколько равных интервалов (удобно брать 5, 7, 9 или 11 интервалов, значение середин интервалов выбирать округленное). Подсчитать количество показаний m_i, попадающих в каждый интервал размеров. Если показания совпадают с границей интервала, то необходимо к каждому из смежных интервалов отнести по ½ единицы.

3. Отложить по оси абсцисс значения выбранных середин интервалов Δ_i.

4. Отложить на оси ординат в середине каждого интервала частоту m_i, т. е. количество показаний, попадающих в каждый интервал. Соединив найденные точки, получим полигон распределения (ломаная линия, рис. 11.2).

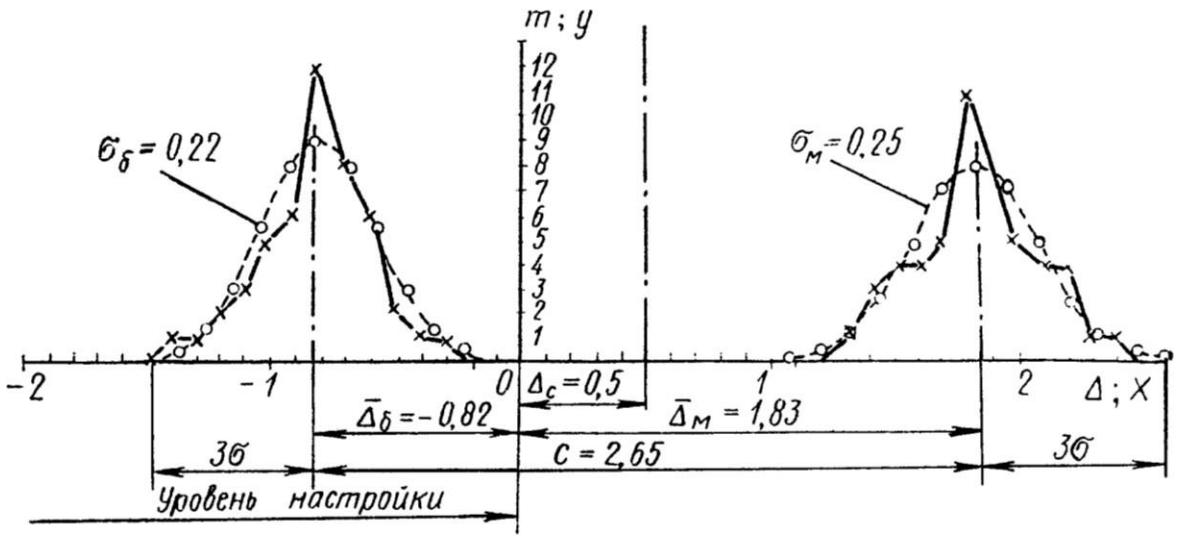


Рис. 11.2. Полигоны эмпирических распределений и теоретические кривые нормального распределения

Центр группирования результатов наблюдений характеризуется средним арифметическим отклонением $\bar{\Delta}$, которое можно определить по следующей формуле:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum \Delta_i m_i}{n},$$

где Δ_i — средний размер каждого интервала, m_i — число наблюдений (частота), n — общее число наблюдений.

Систематические постоянные погрешности на форму кривой распределения влияния не оказывают и вызывают лишь смещение кривой в направлении абсцисс (смещение центра группирования).

Случайные погрешности сказываются как на форме кривой распределения, так и на величине рассеивания размеров.

Величина рассеивания размеров может быть характеризована средним квадратическим отклонением

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \left(\Delta_i - \bar{\Delta}\right)^2 m_i}{n}}.$$

Кривые распределения, полученные на основании данных наблюдений, имеют вид ломаных линий (см. рис. 11.2).

Однако, как показали исследования случайных погрешностей при многократных измерениях, опытные кривые в большинстве случаев близки к кривым нормального распределения (плавная теоретическая кривая).

Зная среднеарифметическое отклонение $\bar{\Delta}$ и среднее квадратическое отклонение σ, можно построить кривую нормального распределения для полученных результатов.

Среднеарифметическое отклонение определит положение кривой нормального распределения (центр группирования), а среднее квадратическое отклонение — высоту и растянутость этой кривой; кривая симметрична относительно центра группирования.

Для построения ветви кривой нормального распределения практически достаточно 5–7 точек, для чего необходимо задать некоторое количество значений абсциссы *x*. Графическое построение кривой нормального распределения облегчается, если пользоваться таблицей ординат, вычисленных при $\sigma = 1$ (таблица 11.4), где $x = \Delta_i - \bar{\Delta}$ – абсцисса, отсчитываемая от центра группирования; *y* — ордината кривой.

Таблица 11.4

Значения ординат, вычисленные при σ = 1, ($y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/\sigma^2}$)

±*x*	0	0,5σ	1σ	1,5σ	2σ	2,5σ	3σ
y	0,3989	0,3521	0,2420	0,1295	0,0540	0,0175	0,0044

Первое значение абсциссы, определяющее вершину кривой нормального распределения, следует принять равным нулю ($x = 0$). Последнее значение абсциссы не должно выходить за пределы $x = 3\sigma$.

Для приведения кривой нормального распределения к тому же масштабу (частоте), в котором вычерчена практическая кривая распределения, необходимо ординаты *y*, найденные по таблице 11.4 (при $\sigma = 1$), умножить на масштабный коэффициент. Тогда

$$m_i = y\frac{n\Delta x}{\sigma},$$

где m_i — ордината кривой нормального распределения (в том же масштабе, что и *y* опытной кривой распределения); *y* —табличное значение ординаты для

σ=1; Δx — величина интервала (по оси абсцисс), принятая при построении опытной кривой распределения и выраженная в тех же единицах, что и σ; Δx=Δ2–Δ1=Δ3–Δ2 и т. д. (таблица формы отчета, Часть III).

Точки, полученные на графике при построении теоретической кривой нормального распределения, обводятся плавной линией (рисунок 11.2).

Контрольные вопросы

1. Что такое поверка, с какой целью производится поверка средств измерений?
2. Что такое поверочная схема, какие средства измерений участвуют в передаче размера?
3. Что такое образцовое средство измерений?
4. Какому закону в большинстве случаев подчинены погрешности измерения?
5. Что определяет среднее арифметическое отклонение $\bar{\Delta}$?
6. Что характеризует среднее квадратическое отклонение?

Форма отчета

Работа 11 Часть I	**Показания образцового прибора**			
Образцовые приборы	Микрокатор			
Поверяемые приборы	1ИГ (1МИГ)		индикатор ИЧ	
№ п/п	$\Delta_м$	$\Delta_б$	$\Delta_м$	$\Delta_б$
1 2 3 … 50				

Работа11 ЧастьII		**Обработка результатов опытов** (производится для каждого поверяемого прибора)				
	Границы интервала	Среднее значение интервала	Частота		Отклонение от среднего	
$\Delta_м$		$\Delta_{мi}$	$m_{мi}$	$\Delta_{мi}m_{мi}$	$\Delta_{мi}-\bar{\Delta}_м$	$(\Delta_{мi}-\bar{\Delta}_м)^2 m_{мi}$
	$\Delta_{м1}\ldots\Delta_{м2}$					
	$\Delta_{м2}\ldots\Delta_{м3}$					
	и т.д.			$\Sigma\Delta_{мi}m_{мi}$		$\Sigma(\Delta_{мi}-\bar{\Delta}_м)^2 m_{мi}$
	$\bar{\Delta}_м=\frac{\sum\Delta_{мi}m_{мi}}{n}=$				$\sigma_м=\sqrt{\frac{\sum(\Delta_{мi}-\bar{\Delta}_м)^2 m_{мi}}{n}}=$	
$\Delta_б$		$\Delta_{бi}$	$m_{бi}$	$\Delta_{бi}m_{бi}$	$\Delta_{бi}-\bar{\Delta}_б$	$(\Delta_{бi}-\bar{\Delta}_б)^2 m_{бi}$
	$\Delta_{б1}\ldots\Delta_{б2}$					
	$\Delta_{б2}\ldots\Delta_{б3}$					
	и т.д.			$\Sigma\Delta_{бi}m_{бi}$		$\Sigma(\Delta_{бi}-\bar{\Delta}_б)^2 m_{бi}$
	$\bar{\Delta}_б=\frac{\sum\Delta_{бi}m_{бi}}{n}=$				$\sigma_б=\sqrt{\frac{\sum(\Delta_{бi}-\bar{\Delta}_б)^2 m_{бi}}{n}}=$	
Систематическая составляющая погрешности				$\Delta_c=\frac{1}{2}(\bar{\Delta}_м+\bar{\Delta}_б)=$		
Среднее квадратическое отклонение				$\sigma=\sqrt{\sigma_м^2+\sigma_б^2}=$		
Смещение				$C=\lvert\bar{\Delta}_м-\bar{\Delta}_б\rvert=$		
Интервал погрешности				$\Delta=\Delta_c\pm\left(\frac{C}{2}+3\sigma\right)=$		

Работа 11 Часть III		**Таблица координат кривых нормального распределения**			
$x_м$		$m_{мi} = y\frac{n\Delta x}{\sigma_м}$	$x_б$		$m_{бi} = y\frac{n\Delta x}{\sigma_б}$
0			0		
$\pm 0{,}5\sigma_м$			$\pm 0{,}5\sigma_б$		
$\pm 1\sigma_м$			$\pm 1\sigma_б$		
$\pm 1{,}5\sigma_м$			$\pm 1{,}5\sigma_б$		
$\pm 2\sigma_м$			$\pm 2\sigma_б$		
$\pm 2{,}5\sigma_м$			$\pm 2{,}5\sigma_б$		
$\pm 3\sigma_м$			$\pm 3\sigma_б$		

К отчету приложить необходимые графики, выполненные на миллиметровой бумаге.

ЛИТЕРАТУРА

1. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. С-Пб., 2004. 432 с.
2. Дмитриев С. И., Ершова И. Г. Средства линейных измерений. Методические указания. Псков: Изд. СПбГТУ. 2001.
3. ЕСДП. Справочник. М., Госстандарт. 1989.
4. Иванов О. А., Смирнов А. А. и др. Лабораторные работы «Технические измерения» в 3-х частях. С-Петербург, СПбГТУ. 1997.
5. Мягков В. Д. и др. Допуски и посадки. Справочник в 2-х томах. М.: Машиностроение, 1983. т.1. 543с., т.2. 448 с.
6. Радкевич Я. М., Схиртладзе А. Г., Лактионов Б. И. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Высшая школа, 2004. 767 с.
7. Сергеев А. Г., Латышев М. В., Терегеря В. В. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Логос, 2003. 525 с.