

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

А. С. Едаменко, А. В. Ястребинская

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Лабораторный практикум

Белгород
2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

А. С. Едаменко, А. В. Ястребинская

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Утверждено ученым советом университета в качестве учебного
пособия для студентов направления бакалавриата
20.03.01 Техносферная безопасность*

Белгород
2017

УДК 006(07)
ББК 30.10я7
Е32

Рецензенты:

Зам. генерального директора ЗАО НПФ «ЭКОТОН»,
кандидат геолого-минералогических наук,

Е.В. Кичигин

кандидат технических наук, доцент Белгородского
государственного технологического университета

им. В.Г. Шухова *Е. А. Носатова*

Едаменко, А.С.

Е32 **Метрологические** аспекты безопасности жизнедеятельности:
учебное пособие / А.С. Едаменко, А.В. Ястребинская. –
Белгород: Изд-во БГТУ, 2017.– 69 с.

В данном издании приведены лабораторные работы по курсу «Метрологические аспекты безопасности жизнедеятельности», порядок и требования к выполнению работ, а также контрольные вопросы. Лабораторный практикум предназначен для студентов направления бакалавриата 20.03.01 Техносферная безопасность.

Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 006(07)
ББК 30.10я7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Метрология и стандартизация являются инструментами обеспечения качества и безопасности продукции, работ и услуг - важного аспекта многогранной деятельности. Качество и безопасность являются основными фактором реализации товара. Целью преподавания дисциплины «Метрологические аспекты безопасности жизнедеятельности» является изложение понятий, формирование у студентов знаний, умений и навыков в областях деятельности стандартизация, метрология и сертификация для обеспечения эффективности производственной и других видов деятельности.

Данное пособие предназначено для закрепления теоретических основ дисциплины, методов измерений, порядка проведения измерений значений физических величин и правил обработки результатов измерений, нормативно-правовых основы метрологии. А также теоретических положений деятельности по стандартизации, принципов построения и правил пользования стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией.

В целом все разделы дисциплины охвачены той и иной формой лабораторных работ. Закрепление знаний осуществляется путем использования стандартов и справочной литературы на протяжении всего цикла практикума.

Прежде чем приступить к выполнению предлагаемых работ, студенту необходимо предварительно изучить теоретические вопросы по темам занятий и методику выполнения измерений по темам лабораторных работ, а также подготовить необходимые таблицы для внесения результатов измерения и обработки полученных данных.

Студент допускается к выполнению работ после предварительного опроса по их содержанию и порядку выполнения.

Требования к отчету изложены в каждой работе. В работах, кроме общего, предусмотрено выполнение индивидуальных заданий по указанию преподавателя.

Преподаватель в конце занятия должен проверить правильность выполнения работы и поставить свою подпись, подтверждающую выполнение студентом данной работы. Проверку полученных знаний и умений необходимо проводить по каждой работе.

Пособие содержит 10 лабораторных работ. Каждая задача и лабораторная работа рассчитаны на 2 - 6 академических часа занятий.

Лабораторная работа № 1

Физические величины и единицы их измерения

Цель работы: Изучить классификацию физических величин по ГОСТ 8. 417-2002 и размерность основных и производных физических величин и единицы их измерения. Освоить перевод основных и производных единиц в кратные, дольные единицы и наоборот.

Основные понятия и определения

Физическая величина – это характеристика одного из свойств физического объекта (явления или процесса), общая в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальная для каждого объекта.

Можно выделить три вида физических величин:

К первому виду физических величин относятся величины, на множестве размеров которых определены лишь отношения порядка и эквивалентности. Это отношение типа «мягче», «тверже», «теплее», «холоднее». К величинам такого рода относятся, например, твердость, определяемая как способность тела оказывать сопротивление проникновению в него другого тела; температура как степень нагретости тела и т.п.

Для второго вида физических величин отношение порядка и эквивалентности имеет место как между размерами, так и между разностями в парах их размеров. Так, разности интервалов времени считаются равными, если расстояние между соответствующими отметками равны.

Третий вид составляют аддитивные физические величины, на множестве размеров которых определены не только отношения порядка и эквивалентности, но операции сложения и вычитания. К таким величинам относятся длина, масса, сила тока.

Множество физических величин представляет собой некоторую систему, в которой отдельные величины связаны между собой системой уравнений.

Система физических величин – это совокупность взаимосвязанных физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие являются функциями независимых величин.

Для каждой физической величины должна быть установлена единица измерения.

Единица физической величины – физическая величин фиксированного размера, которой условно присвоено значение, равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных физических величин.

Кроме основных и производных физических величин различают кратные, дольные, когерентные, системные и несистемные единицы.

Основная единица системы единиц физических величин – единица основной физической величины в данной системе единиц. Основные единицы Международной системы единиц (СИ): метр (м), килограмм (кг), секунда (с), ампер (А), кельвин (К), моль (моль) и кандела (кд).

Производная единица системы единиц физических величин (англ. derived unit of measurement) – единица производной физической величины системы единиц, образованная в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными единицами или с основными и уже определенными производными.

Системная единица физической величины – единица физической величины, входящая в принятую систему единиц.

Основные, производные, кратные и дольные единицы СИ являются системными. Например: 1 м; 1 м/с; 1 км; 1 нм.

Внесистемная единица физической величины – единица физической величины, не входящая в принятую систему единиц. Внесистемные единицы (по отношению к единицам СИ) разделяются на четыре группы:

- допускаемые наравне с единицами СИ;
- допускаемые к применению в специальных областях;
- временно допускаемые;
- устаревшие (недопускаемые).

Когерентная производная единица физической величины – производная единица физической величины, связанная с другими единицами системы единиц уравнением, в котором числовой коэффициент принят равным 1.

Когерентная система единиц физических величин – система единиц физических величин, состоящая из основных единиц и когерентных производных единиц.

Кратная единица физической величины – единица физической величины, в целое число раз большая системной или внесистемной единицы.

Дольная единица физической величины – единица физической величины, в целое число раз меньшая системной или внесистемной единицы.

В табл. 1.1 приводятся множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования.

Таблица 1.1

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

| Множитель | Приставка | Обозначение приставки | |
|------------|-----------|-----------------------|---------------|
| | | русское | международное |
| 10^{18} | экса | Э | E |
| 10^{15} | пета | П | P |
| 10^{12} | тера | Т | T |
| 10^9 | гига | Г | G |
| 10^6 | мега | М | M |
| 10^3 | кило | к | k |
| 10^2 | гекто | г | h |
| 10^1 | дека | да | da |
| 10^{-1} | деци | д | d |
| 10^{-2} | санتي | с | c |
| 10^{-3} | милли | м | m |
| 10^{-6} | микро | мк | μ |
| 10^{-9} | нано | н | n |
| 10^{-12} | пико | п | p |
| 10^{-15} | фемто | ф | f |
| 10^{-18} | атто | а | a |

Порядок выполнения работы.

1. Выполнить задание 1. По приложениям 1 - 3 назвать предложенные физические величины по обозначению их размерности и указать их единицы измерения и размер. Результаты оформить в табл. 1.2.

2. Выполнить задание 2. По приложениям 1 - 3 определить наименование производных величин и единиц их измерения. Результаты оформить в табл. 1.3.

Таблица 1.2

Результаты измерений

| № п/п | Дано | Наименование величины | Единица измерения | | Количество единиц |
|-------|-----------|-----------------------|-------------------|-------------|-------------------|
| | | | Наименование | Обозначение | |
| 1 | T=40 с | | | | |
| 2 | Q=25 К | | | | |
| 3 | L=300 м | | | | |
| 4 | I=3 А | | | | |
| 5 | N=45 моль | | | | |

3. Выполнить задание 3. Получить задание у преподавателя и перевести заданные единицы в требуемые. Результаты записать в табл. 1.4.

Таблица. 1.3

Результаты измерений

| № п/п | Дано | Наименование величины | Размерность | Единица измерения | |
|-------|--------|-----------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | | наименование | обозначение |
| 1 | 60 ВТ | | | | |
| 2 | 20 Ф | | | | |
| 3 | 18 Ом | | | | |
| 4 | 125 Кл | | | | |
| 5 | 10 Дж | | | | |

Таблица 1.4

Результаты измерений

| Задано | Перевести в единицы |
|--------|---------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

4. Сделать вывод о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Какая метрическая система единиц измерения используется в настоящее время в большинстве стран мира?
2. Укажите достоинства используемой в РФ метрической системы единиц физических величин.
3. Что такое единица физической величины?
4. Перечислите основные единицы системы СИ.
5. Назовите производные единицы системы СИ.
6. Какой способ образования кратных и дольных единиц принят в используемой в РФ метрической системе единиц?
7. Наименование каких единиц пишется с большой буквы, а каких с маленькой?
8. Какую степень имеют кратные единицы, а какую дольные?
9. Что такое система физических величин?
10. Назовите три вида физических величин, измерение которых осуществляется по различным правилам.

Лабораторная работа № 2

Многократные равноточные измерения. Обнаружение грубых погрешностей. Обработка результатов

Цель работы: получить практические навыки обработки результатов многократных равноточных измерений и нахождение доверительных границ погрешностей результата измерений, а так же по обнаружению грубых погрешностей с использованием критерия Романовского.

Основные понятия и определения

Прямые многократные измерения делятся на равно- и неравноточные. *Равноточными* называются измерения, которые проводятся средствами измерений одинаковой точности по одной и той же методике при неизменных внешних условиях. При равноточных измерениях результаты всех рядов измерений равны между собой.

Перед проведением обработки результатов измерений необходимо удостовериться в том, что данные из обрабатываемой выборки статистически подконтрольны, группируются вокруг одного и того же центра и имеют одинаковую дисперсию. Устойчивость изменений часто оценивают интуитивно на основе длительных наблюдений. Однако существуют математические методы решения поставленной задачи — так называемые методы проверки однородности. Применительно к измерениям рассматривается однородность групп наблюдений, необходимые признаки которой состоят в оценке несмещенности средних арифметических и дисперсий относительно друг друга.

Доверительные границы погрешности результата измерений – наибольшее и наименьшее значения погрешности измерений, ограничивающие интервал, внутри которого с заданной вероятностью находится искомое (истинное) значение погрешности результата измерений.

Статистическая обработка результатов измерений – обработка измерительной информации с целью получения достоверных данных.

Задача статистической обработки результатов многократных измерений заключается в нахождении оценки измеряемой величины и доверительного интервала, в котором находится истинное значение.

Статистическая обработка используется для повышения точности измерений с многократными наблюдениями, а также определения статистических характеристик случайной погрешности.

Для прямых однократных измерений статистическая обработка менее сложна и громоздка, что значительно упрощает оценку погрешностей. Она выполняется в такой последовательности:

1. Произвести равноточные измерения неизвестной величины X_n раз.

2. Исключить известные систематические погрешности из результатов наблюдения (введением поправки). После отбрасывания сомнительных результатов получают n измерений.

3. Вычислить среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимаемое за результат наблюдений:

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

4. Вычислить оценку среднего квадратичного отклонения среднего арифметического $S_{\bar{x}}$ по формуле:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.2)$$

где m_x - среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений.

5. Вычислить доверительные границы случайной погрешности результата измерения при заданной вероятности P :

$$x - S t_{n,P} < x < S t_{n,P} + x, \quad (2.3)$$

где $t_{n,P}$ – квантиль распределения Стьюдента.

Значения $t_{n,P}$ в зависимости от заданной доверительной вероятности P и количества измерений n даны в приложении 4.

Результат измерения величины X представляют в виде доверительного интервала в форме неравенства с указанием доверительной вероятности P .

Грубой погрешностью (промахом) называется погрешность, существенно превышающая значение ожидаемой погрешности при данных условиях проведения измерительного эксперимента.

Обычно грубая погрешность является следствием значительного внезапного изменения условий эксперимента: скачка тока источника электропитания; не учтённое экспериментатором изменение температуры окружающей среды (при длительном эксперименте); неправильный отсчёт показаний из-за отвлечения внимания

экспериментатора и др. Наличие грубых погрешностей в выборке результатов измерений могут сильно исказить среднее значение выборки и как следствие доверительный интервал. Поэтому выявление и исключение результатов, содержащих промах, обязательно.

Обычно результат измерения, содержащий грубую погрешность, сразу виден в ряду измеренных значений, но в каждом конкретном случае это необходимо доказать. Одним из критериев для оценки промаха является критерий Романовского.

В этом случае определяют :

1. Уровень значимости β , который определяется равенством

$$\beta = X - x_{\max/\min}/\sigma \quad (2.4)$$

где X – среднее арифметическое, $x_{\min/\max}$ – результат измерения, подозрительный на содержание грубой погрешности, σ – статистическое среднее квадратическое отклонение.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

2. В зависимости от выбранной доверительной вероятности P , т.е. от желания экспериментатора получить уверенный результат проверки гипотезы, и числа измерений n из табл. 2.1 находят теоретический уровень значимости β_T и сравнивают с ним рассчитанное значение β . Если $\beta > \beta_T$, то результат $x_{\min/\max}$ следует отбросить как содержащий грубую погрешность. Если $\beta < \beta_T$, то выборку следует сохранить в полном объёме. Как правило, критерий Романовского применяют при объёме выборки $n < 20$.

Таблица 2.1

Значения теоретического уровня значимости β_T

| n | P | | |
|-----|-------|-------|-------|
| | 0,90 | 0,95 | 0,99 |
| 3 | 1,412 | 1,414 | 1,414 |
| 5 | 1,869 | 1,917 | 1,972 |
| 7 | 2,093 | 2,182 | 2,310 |
| 9 | 2,238 | 2,349 | 2,532 |
| 11 | 2,343 | 2,470 | 2,689 |
| 13 | 2,426 | 2,563 | 2,809 |
| 15 | 2,523 | 2,670 | 2,946 |
| 17 | 2,551 | 2,701 | 2,983 |

Порядок выполнения работы

1. Получить задание у преподавателя.
2. Рассчитать необходимые параметры

3. Данные занести в табл. 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2

Обработки результатов многократных равноточных измерений

| Значения и ед. измерения | Вероятность, P | Среднее арифметическое X | Среднее квадратичное отклонение среднего арифметического, $S_{\bar{x}}$ | Квантиль распределения Стьюдента, $t_{n,P}$ | Доверительный интервал |
|--------------------------|----------------|--------------------------|---|---|------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |

Таблица 2.3

Проверка полученных результатов на наличие грубых погрешностей

| Значения и ед. измерения | Вероятность, P | Среднее арифметическое, X | Статистическое среднее квадратическое отклонение σ | Уровень значимости β | Значения теоретического уровня значимости β_t |
|--------------------------|----------------|---------------------------|---|----------------------------|---|
| | | | | | |
| | | | | | |

4. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие измерения называются равноточными?
2. Дайте определение терминам: доверительные границы, доверительный интервал, доверительная вероятность.
3. Расскажите в какой последовательности осуществляется статистическая обработка группы равноточных измерений.
4. Каким образом находится среднее основного нормального распределения?
5. Как изменятся границы доверительного интервала при увеличении или уменьшении доверительной вероятности P?
6. Каковы причины возникновения грубой погрешности?
7. Приведите методику определения грубой погрешности?
8. Какой критерий используется для определения грубой погрешности?
9. Как влияет не исключённая грубая погрешность на ряд измеренных значений?
10. Как необходимо поступить с измеренным значением, содержащим промах, после его определения?

Лабораторная работа № 3

Виды средств измерений и их метрологические характеристики

Цель работы: Изучить классификацию средств измерений по техническому устройству (конструктивному исполнению) и по метрологическому назначению, ознакомиться с основными метрологическими характеристиками отсчетных устройств и сделать расчет метрологических характеристик заданных отсчетных устройств.

Основные понятия и определения

Средства измерения можно классифицировать следующим образом:

По техническому назначению:

Мера физической величины - средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью;

Различают следующие разновидности мер: однозначная мера; многозначная мера; набор мер; магазин.

Измерительный прибор - средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

В зависимости от вида выходной величины различают аналоговые и цифровые измерительные приборы.

По форме представления выходной величины (по способу индикации значений измеряемой величины) измерительные приборы разделяют на показывающие и регистрирующие измерительные приборы.

Измерительный преобразователь - техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Измерительная установка (измерительная машина) - совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте.

Измерительная система - совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту и выработки измерительных сигналов в разных целях.

По метрологическому назначению все СИ подразделяются на эталоны, рабочие эталоны и рабочие СИ.

Эталон единицы физической величины (эталон) - средство измерений (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

Рабочий эталон - талон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

Рабочее средство измерений - средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений.

По значимости измеряемой физической величины все СИ подразделяются на основные и вспомогательные средства измерений.

Диапазон измерений средства измерений (диапазон измерений) - область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений (для преобразователей - это диапазон преобразования). Диапазон измерений - разность измеряемой величины между конечным x_k и начальным x_n значениями:

$$D = x_k - x_n \quad (3.1)$$

Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу и сверху (слева и справа), называют соответственно нижним пределом измерений или верхним пределом измерений.

Чувствительность — отношение изменения сигнала Δy на выходе СИ к изменению Δx сигнала на входе: $S = \Delta y / \Delta x$

Для стрелочного СИ - это отношение длины шкалы $l_{шк}$ к диапазону измерения D :

$$S = l_{шк} / D \quad (3.2)$$

Диапазон показаний средства измерений (диапазон показаний) - область значений шкалы прибора, ограниченная начальным x_n и конечным x_k значениями шкалы.

Цена деления шкалы (цена деления) - разность значения величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства

измерений.

К метрологическим характеристикам, определяющим точность измерения, относится погрешность средства измерений и класс точности СИ.

Погрешность средства измерений - разность между показанием средства измерений (x) и истинным (действительным) значением (x_d) измеряемой физической величины.

$$\Delta x = x - x_d \quad (3.3)$$

В качестве (x_d) выступает либо номинальное значение, либо значение величины, измеренной более точным СИ.

Считается, что чем меньше погрешность, тем точнее средство измерений.

Абсолютная погрешность средства измерений (абсолютная погрешность) - погрешность средства измерений Δx , выраженная в единицах измеряемой физической величины.

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности могут быть заданы в виде:

$$\Delta = \pm a \quad (3.4)$$

или

$$\Delta = \pm(a + bx), \quad (3.5)$$

где Δ - пределы допускаемой абсолютной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы; x значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале; a, b - положительные числа, не зависящие от x .

Абсолютную основную погрешность определяют:

$$\Delta = \delta \cdot x / 100 \quad (3.6)$$

$$\Delta = \gamma \cdot x_N / 100 = \gamma \cdot x_k / 100 \quad (3.7)$$

$$\Delta = \gamma \cdot x_N / 100 = \gamma \cdot D / 100 \quad (3.8)$$

где X_k – предел измерений; D – диапазон.

Приведенная погрешность средства измерения (приведенная погрешность): Относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины (нормирующему значению), постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона.

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100 \quad (3.9)$$

где γ - пределы допускаемой приведенной основной погрешности, %; Δ - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности; x_N - нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и Δ .

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности следует устанавливать в виде:

$$\gamma = \pm p, \quad (3.10)$$

где p - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $(1,6 \cdot 10^n)$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $(3 \cdot 10^n)$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$ ($n=1, 0, -1, -2$ и т.д.).

Нормирующее значение x_N принимается равным:

- конечному значению рабочей части шкалы (x_e), если нулевая отметка находится на краю или вне рабочей части шкалы (равномерной или степенной);

- сумме конечных значений шкалы (без учета знака), если нулевая отметка – внутри шкалы;

- модулю разности пределов измерений для СИ, шкала которых имеет условный нуль;

- длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений, если она существенно неравномерна.

Относительная погрешность средства измерений (относительная погрешность) - погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к результату измерений или к действительному значению измеренной физической величины.

Относительная погрешность средства измерений вычисляется по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100 \%, \quad (3.11)$$

где δ - пределы допускаемой относительной основной погрешности, %; Δ - пределы допускаемой абсолютной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы; x - значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале.

Если СИ имеют как мультипликативную, так и аддитивную (не изменяется во всем диапазоне измерения) составляющие, то класс

точности обозначается двумя цифрами, соответствующими значениям c и d , а формула расчета:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right) \right] \quad (3.12)$$

где c и d выражаются через ряд, x_k ; x - конечное и измеренное значения измеряемого параметра. Например, класс точности 0,2/0,1 означает, что $c=0,2$, а $d=0,1$, т.е. значение относительной погрешности к началу диапазона измерения - 0,2 %, а к концу - 0,1 %.

Суммарная относительная погрешность рассчитывается:

$$\delta_c = \delta_0 + \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2} \quad (3.13)$$

$$\gamma_c = \gamma_0 + \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2} \quad (3.14)$$

где δ_c и γ_c основные относительные и приведенные погрешности; δ_i - дополнительные погрешности.

Значение измеренного параметра с указанием абсолютной или относительной погрешностей приводится в виде:

$$x = x_{\text{изм}} \pm \Delta, \quad x = x_{\text{изм}} \pm \delta, \quad x = x_{\text{изм}} \pm \gamma \quad (3.15)$$

где $x_{\text{изм}}$ - измеренное значение.

Класс точности средств измерений (класс точности) - обобщенная характеристика данного типа средств измерения, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей.

Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений приведены в приложении 5.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задание 1. Определить вид предложенных СИ (средства измерений) по техническому устройству и по метрологическому назначению. Определить метрологические характеристики предложенных средств измерений, в том числе и по нормативной документации (ГОСТ) на соответствующие средства измерений. Работу оформить в табл. 3.1.

2. Выполнить задание 2. Описать заданное отсчетное устройство, привести исходные данные.

3. По зависимостям (3.1) — (3.2) выполнить расчеты основных метрологических характеристик прибора.

4. По виду заданного отсчетного устройства из табл. 3.1 определить вид и значение класса точности прибора.

5. Определить основную относительную или приведенную погрешность прибора для нормальных условий эксплуатации, по зависимостям (табл.3.1) рассчитать его абсолютную погрешность (формулы (3.6) – (3.8)).

6. По зависимостям (3.12) – (3.13) рассчитать суммарную относительную погрешность прибора для условий, отличных от нормальных, по зависимостям (3.6) – (3.8) рассчитать его суммарную абсолютную погрешность.

7. Привести значение измеренного параметра с указанием абсолютной погрешности (зависимость (3.14)) для нормальных условий эксплуатации и для условий, отличных от нормальных. Сравнить их.

8. Данные занести в табл. 3.2

Таблица 3.1

Отличительные признаки и метрологические характеристики мер и измерительных приборов

| № п/п | Наименование СИ | Вид СИ по техническому устройству | Вид СИ по метрологическому назначению | Диапазон измерений, нижний и верхний пределы измерений. | Цена деления | Класс точности | Погрешность СИ | Маркировка |
|-------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---|--------------|----------------|----------------|------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |

Таблица 3.2

Характеристика средств измерений

| Диапазона измерения | Предел измерения | Цена деления | Чувствительность | Вид и значение класса точности | Погрешность прибора для нормальных условий | Абсолютная погрешность | Суммарная относительная погрешность | Суммарная абсолютная погрешность |
|---------------------|------------------|--------------|------------------|--------------------------------|--|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | | | | | | | | |

9. Сделать вывод о результатах проделанной работы и приобретенных навыках.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите виды средств измерений.
- 2 По каким классификационным признакам подразделяются СИ.
- 3 Охарактеризовать каждый вид СИ.
- 4 На какие группы подразделяются метрологические характеристики СИ.
- 5 Что такое метрологические характеристики?
- 6 Что такое нормируемые метрологические характеристики и чем они отличаются от метрологических характеристик?
- 7 Назовите метрологические характеристики, определяющие:
 - область применения СИ;
 - качество измерения.
- 8 Какая характеристика определяет точность измерения?
- 9 Какую функцию выполняют эталоны?
- 10 В чем различие в назначении рабочих СИ и рабочих эталонов?

Лабораторная работа № 4

Определение параметров и погрешностей прибора

Цель работы: определение недостающих параметров прибора.

Основные понятия и определения

Чувствительность — отношение изменения сигнала Δy на выходе СИ к изменению Δx сигнала на входе: $S = \Delta y / \Delta x$

Для стрелочного СИ - это отношение длины шкалы $l_{\text{шк}}$ к диапазону измерения D : $S = l_{\text{шк}} / D$. При решении задачи необходимо учитывать, что чувствительность является величиной, обратной цене деления.

Цена деления шкалы (цена деления) - разность значения величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений. $\text{Цена деления} = x_n / \text{количество делений}$.

Класс точности средств измерений (класс точности) - обобщенная характеристика данного типа средств измерения, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей. При решении задачи необходимо учитывать что класс точности прибора численно равен предельному допустимому значению приведенной погрешности.

Приведенная погрешность средства измерений определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_k} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

Относительная погрешность средства измерений вычисляется по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100 \% \quad (4.2)$$

Абсолютную основную погрешность определяют:

$$\Delta = \delta \cdot x / 100\%; \Delta = \gamma \cdot X_{\text{к}} / 100\% \quad (4.3)$$

Порядок выполнения работы

1. Получить задание у преподавателя
2. Заполнить табл. 4.1

Таблица 4.1

Параметры средств измерений

| Наименование прибора | Кол-во делений шкалы | Верхний предел измерений | Цена деления | Чувствительность | Показания прибора в делениях | Значение измеряемой величины | Класс точности | Наибольшая возможная абсолютная погрешность измерений | Наибольшая возможная относительная погрешность измерений |
|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|---|--|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

3. Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Метрологические показатели средств измерений.
2. Классы точности средств измерений.
3. Метрологическая надежность средств измерений.
4. Что такое абсолютная и относительная погрешности измерений?
5. Какие условия необходимо выполнить при выборе измерительного средства и его точности?
6. Назовите виды погрешностей.
7. Какая характеристика определяет точность измерения?
8. Какую функцию выполняют эталоны?
9. Классификация эталонов.
10. Дайте определение: средства измерения.

Лабораторная работа № 5

Надежность приборов и систем

Цель работы: ознакомиться с показателями и количественными характеристиками надежности

Основные теоретические сведения

Показатель надежности – характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта.

К числу наиболее широко применяемых показателей надежности относятся: вероятность безотказной работы в течение определенного времени $P(t)$; средняя наработка до первого отказа \bar{T}_O ; наработка на отказ \bar{T} ; частота отказов $\alpha(t)$; интенсивность отказов $\lambda(t)$; параметр потока отказов $\omega(t)$; коэффициент готовности K_r .

Рассмотрим следующую модель испытаний. На испытании находится N_O изделий, и испытания считаются законченными, если все они отказали. Причем отказавшие изделия отремонтированными или новыми не заменяются. Тогда показателями надежности данных изделий являются:

- вероятность безотказной работы $P(t)$;
- частота отказов $\alpha(t)$;
- интенсивность отказов $\lambda(t)$;
- средняя наработка до первого отказа \bar{T}_O ;

Вероятность безотказной работы по статистическим данным об отказах оценивается согласно выражению

$$\tilde{P}(t) = \frac{N_O - n(t)}{N_O}, \quad (5.1)$$

где $n(t)$ – количество изделий, отказавших к моменту времени t , при их исходном количестве N_O ; $\tilde{P}(t)$ – статистическая оценка вероятности безотказной работы. При большом числе изделий N_O статистическая оценка $\tilde{P}(t)$ практически совпадает с вероятностью безотказной работы $P(t)$. На практике иногда более удобной характеристикой является вероятность отказа $Q(t)$.

Отказ и безотказная работа являются событиями несовместимыми и противоположными, поэтому:

$$\tilde{Q}(t) = \frac{n(t)}{N_0}, \text{ или } Q(t) = 1 - P(t) \quad (5.2)$$

Частоту отказов по статистическим данным об отказах оценивается согласно выражению:

$$\tilde{\alpha}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t}, \quad (5.3)$$

где $n(\Delta t)$ – число отказавших изделий в интервале времени от $t - \frac{\Delta t}{2}$ до $t + \frac{\Delta t}{2}$.

Частота отказов есть плотность вероятности (или закон распределения) времени работы изделия до первого отказа:

$$\alpha(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = \frac{dQ(t)}{dt}, \quad (5.4)$$

$$Q(t) = \int_0^t \alpha(t) dt, \quad (5.5)$$

$$P(t) = 1 - \int_0^t \alpha(t) dt = \int_t^{\infty} \alpha(t) dt. \quad (5.6).$$

Согласно определению интенсивность отказов по статистическим данным об отказах определяется

$$\tilde{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \Delta t}, \quad (5.7)$$

где $N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}$ – среднее число исправно работающих изделий в интервале Δt ; N_i – число изделий, исправно работающих в начале интервала Δt ; N_{i+1} – число изделий, исправно работающих в конце интервала Δt .

Интенсивность отказов есть условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого изделия, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник.

Вероятностная оценка этой характеристики находится из выражения:

$$\lambda(t) = \frac{\alpha(t)}{P(t)}. \quad (5.8)$$

Интенсивность отказов и вероятность безотказной работы связаны между собой зависимостью:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (5.9)$$

Средней наработкой до отказа \bar{T}_O называется математическое ожидание наработки изделия до первого отказа.

$$\bar{T}_O = M[t] = \int_{-\infty}^{\infty} t \alpha(t) dt \quad (5.10)$$

Так как t положительно и $P(0) = 1$, а $P(\infty) = 0$, то:

$$\bar{T}_O = \int_0^{\infty} P(t) dt \quad (5.11)$$

По статистическим данным об отказах средняя наработка до первого отказа вычисляется по формуле:

$$\tilde{\bar{T}}_O = \frac{\sum_{i=1}^{N_O} t_i}{N_O}, \quad (5.12)$$

где t_i - время безотказной работы; i -го изделия, N_O - число испытуемых изделий.

Для вычисления $\tilde{\bar{T}}_O$ пользоваться указанной формулой неудобно. Имея данные о количестве вышедших из строя изделий n_i в каждом i -ом интервале времени, среднюю наработку до первого отказа определяем:

$$\tilde{\bar{T}}_O = \frac{\sum_{i=1}^m n_i t_{cpi}}{N_O} \quad (5.13)$$

В выражении (5.13) t_{cpi} и m находятся по следующим формулам:

$$t_{cpi} = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}, \quad (5.14)$$

$$m = \frac{t_n}{\Delta t}, \quad (5.15)$$

где t_{i-1} - время начала i -ого интервала; t_i - время конца i -ого интервала; t_n - время, в течение которого вышли из строя все изделия; $\Delta t = t_{i-1} - t_i$ - интервал времени.

В табл. 5.1 приведены выражения для оценки количественных характеристик надежности изделий при указанных законах распределения времени безотказной работы.

Таблица 5.1

Основные соотношения количественных характеристик надежности при различных законах распределения времени безотказной работы

| Закон распределения | Частота отказов $\alpha(t)$ | Вероятность безотказной работы $P(t)$ | Интенсивность отказа $\lambda(t)$ |
|---------------------|---|--|---|
| Экспоненциальный | $\lambda e^{-\lambda t}$ | $e^{-\lambda t}$ | $\lambda = const$ |
| Релея | $\frac{t}{\sigma^2} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$ | $e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$ | $\frac{t}{\sigma^2}$ |
| Вейбулла | $\lambda_0 k t^{k-1} e^{-\lambda_0 t^k}$ | $e^{-\lambda_0 t^k}$ | $\lambda_0 k t^{k-1}$, |
| Нормальный | $\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}}$ | $1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^t e^{-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}} dt$ | $1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^t e^{-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}}$ $\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}}$ |
| Гамма | $\lambda_0 \frac{(\lambda_0 t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda_0 t}$ | $e^{-\lambda_0 t} \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}$ | $\frac{\lambda_0 (\lambda_0 t)^{k-1}}{(k-1)! \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}}$ |

Рассмотренные показатели надежности позволяют достаточно полно оценить надежность невосстанавливаемых изделий. Они также позволяют оценить надежность восстанавливаемых изделий до первого отказа.

Средняя наработка до первого отказа является достаточно наглядной характеристикой надежности. Однако применение этого показателя для оценки надежности сложной системы ограничено в тех случаях, когда:

- время работы системы гораздо меньше среднего времени безотказной работы;
- закон распределения времени безотказной работы не однопараметрический;
- система резервированная;
- интенсивность отказов непостоянная;
- время работы отдельных частей сложной системы разное.

Наиболее целесообразным показателем надежности сложной системы является вероятность безотказной работы. Это объясняется следующими особенностями вероятности безотказной работы:

- она входит в качестве множителя в другие более общие характеристики системы, например в эффективность и стоимость;
- характеризует изменение надежности во времени;
- может быть получена сравнительно просто расчетным путем в процессе проектирования системы и оценена в процессе ее испытания

В табл.5.2 показана взаимосвязь между показателями надежности. Рассмотрим показатели надёжности восстанавливаемых систем.

Средняя наработка на отказ есть отношение наработки восстанавливаемого изделия к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.

Таблица 5.2

Взаимосвязь между показателями надежности

| Известно | Требуется определить | | | |
|--------------|------------------------------|----------------------------------|--|---|
| | $P(t)$ | $Q(t)$ | $f(t)$ | $\lambda(t)$ |
| $P(t)$ | - | $1 - P(t)$ | $-\frac{dP(t)}{dt}$ | $-\frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dP(t)}{dt}$ |
| $Q(t)$ | $1 - Q(t)$ | - | $\frac{dQ(t)}{dt}$ | $\frac{1}{1-Q(t)} \cdot \frac{dQ(t)}{dt}$ |
| $f(t)$ | $\int_t^{\infty} f(t)dt$ | $\int_0^t f(t)dt$ | - | $\frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(t)dt}$ |
| $\lambda(t)$ | $e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$ | $1 - e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$ | $\lambda(t)e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$ | - |

Эта характеристика определяется по статистическим данным об отказах по формуле:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (5.16)$$

где t_i - время исправной работы изделия между $(i-1)$ -м и i -м отказами; n – число отказов за некоторое время t .

Из формулы (5.16) видно, что в данном случае наработка на отказ определяется по данным испытания одного образца изделия. Если на испытании находится N образцов в течение времени t , то наработка на отказ вычисляется по формуле:

$$\tilde{T} = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij}}{\sum_{j=1}^N n_j}, \quad (5.17)$$

где t_{ij} - время исправной работы j -го образца изделия между $(i-1)$ -м и i -м отказом; n_j - число отказов за время t j -го образца.

Нароботка на отказ является достаточно наглядной характеристикой надежности, поэтому она получила широкое распространение на практике.

Параметр потока отказов и наработка на отказ характеризуют надежность ремонтируемого изделия, но не учитывают времени, необходимого на его восстановление. Поэтому они не характеризуют готовности изделия к выполнению своих функций в нужное время. Для этих целей вводятся такие показатели, как коэффициент готовности и коэффициент вынужденного простоя.

Коэффициент готовности есть вероятность того, что изделие окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

Эта характеристика определяется по статистическим данным как отношение времени исправной работы к сумме времени исправной работы и вынужденных простоев изделия, взятых за один и тот же календарный срок:

$$\tilde{K}_T = \frac{t_P}{t_P + t_{\Pi}}, \quad (5.18)$$

где t_P – суммарное время исправной работы объекта; t_{Π} – суммарное время вынужденного простоя.

Времена t_P и t_{Π} вычисляются по формулам

$$t_P = \sum_{i=1}^n t_{Pi}, \quad (5.19)$$

$$t_{\Pi} = \sum_{i=1}^n t_{\Pi i}, \quad (5.20)$$

где t_{Pi} - время работы изделия между $(i-1)$ -м и i -м отказом; $t_{Пi}$ - время вынужденного простоя после i -го отказа; n – число отказов (ремонтов) изделия.

Для перехода к вероятностному показателю величины t_P и $t_{П}$ заменяются математическими ожиданиями времени между соседними отказами и времени восстановления соответственно.

Тогда

$$K_{\Gamma} = \frac{\bar{T}}{\bar{T} + \bar{T}_B}, \quad (5.21)$$

где \bar{T} - среднее время наработки на отказ; \bar{T}_B - среднее время восстановления.

Среднее время восстановления есть математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния объекта.

Как математическое ожидание \bar{T}_B вычисляется через частоту восстановления (плотность распределения времени восстановления):

$$\bar{T}_B = \int_0^{\infty} t \alpha_B(t) dt, \quad (5.22)$$

где α_B - частота восстановления, равная

$$\alpha_B(t) = \frac{dS(t)}{dt}, \quad (5.23)$$

где $S(t)$ - вероятность восстановления.

По статистическим данным среднее время восстановления вычисляется по формуле:

$$\bar{T}_B \approx \frac{\sum_{i=1}^{n_i} t_i}{n_i} \quad (5.24)$$

Коэффициентом вынужденного простоя называется отношение времени вынужденного простоя к сумме времен исправной работы и вынужденных простоев изделия, взятых за один и тот же календарный срок:

$$\tilde{K}_{\Pi} = \frac{t_{\Pi}}{t_P + t_{\Pi}} \quad (5.25)$$

или переходя к средним величинам:

$$K_{\Pi} = \frac{\bar{T}_B}{\bar{T} + \bar{T}_B} \quad (5.26)$$

Коэффициент готовности и коэффициент вынужденного простоя связаны между собой зависимостью:

$$K_{\Pi} = 1 - K_{\Gamma} \cdot \quad (5.27)$$

При анализе надежности восстанавливаемых систем обычно коэффициент готовности вычисляют по формуле

$$K_{\Gamma} = \frac{\bar{T}_O}{\bar{T}_O + \bar{T}_B} \quad (5.28)$$

Формула (5.28) верна только в том случае, если поток отказов простейший, и тогда $\bar{T} = \bar{T}_O$.

Часто коэффициент готовности, вычисленный по формуле (5.28) отождествляют с вероятностью того, что в любой момент времени восстанавливаемая система исправна. На самом деле указанные характеристики неравноценны и могут быть отождествлены при определенных условиях.

Поэтому вводится понятие функции готовности, которая определяется из выражения:

$$P_{\Gamma}(t) = K_{\Gamma}(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}, \quad (5.29)$$

$$P_{\Gamma}(t) = K_{\Gamma}(t) = K_{\Gamma} + (1 - K_{\Gamma}) e^{-\frac{t}{K_{\Gamma} \bar{T}_B}}$$

где $\lambda = \frac{1}{\bar{T}_O}$; $\mu = \frac{1}{\bar{T}_B}$.

Кроме установившегося коэффициента готовности часто используется среднее значение этого коэффициента за интервал времени $0 \dots t_i$.

$$\bar{K}_{\Gamma} = \frac{1}{t_i} \int_0^{t_i} K_{\Gamma}(t) dt \quad (5.30)$$

Коэффициент оперативной готовности $K_{O\Gamma}$ - вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени:

$$K_{O\Gamma} = K_{\Gamma} \cdot e^{-\lambda t} \quad (5.31)$$

Коэффициент оперативной готовности оценивает не только готовность системы к выполнению заданных функций, но и способность выполнять функции определенной временной протяженностью.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задание 1 – 6
2. Сделать выводы к каждому заданию

Задание

Задание 1. На испытание поставлено $(1000+15N)$ однотипных электронных ламп. За $(3000+30N)$ ч отказало $(80+N)$ ламп. Требуется определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа электронных ламп в течение $(3000+30N)$ ч.

Задание 2. На испытание поставлено $(1000+15N)$ однотипных ламп. За первые $(3000+30N)$ ч работы отказало $(80+N)$ ламп, а за интервал $(3000+30N)$ ч – $(4000+30N)$ ч отказало еще $(50+N)$ ламп. Определить частоту и интенсивность отказов электронных ламп в промежутке $(3000+30N)$ ч – $(4000+30N)$ ч работы.

Задание 3. Производилось наблюдение за работой трех экземпляров однотипной аппаратуры. За период наблюдения было зафиксировано по первому экземпляру $6+N$ отказов, по второму и третьему – $(11+N)$ и $(8+N)$ отказов соответственно. Нароботка первого экземпляра составила $(181+3N)$ ч, второго – $(329+3N)$ ч и третьего $(245+3N)$ ч. Требуется определить наработку аппаратуры на отказ \tilde{T} .

Задание 4. Система состоит из 5 приборов, причем отказ любого одного из них ведет к отказу системы. Известно, что первый прибор отказал $(34+2N)$ раз в течение $(952+10N)$ ч работы, второй – $(24+2N)$ раз в течение $(960+10N)$ ч работы, а остальные приборы в течение $(210+5N)$ часов работы отказали $(4+N)$, $(6+N)$ и $(5+N)$ раз соответственно. Требуется определить наработку до отказа системы в целом, если справедлив экспоненциальный закон надежности для каждого из пяти приборов.

Задание 5. За наблюдаемый период эксплуатации в аппаратуре было зафиксировано $(8+N)$ отказов. Время восстановления составило $t_1 = (12+N)$ мин, $t_2 = (23+N)$ мин, $t_3 = (15+N)$ мин, $t_4 = (9+N)$ мин, $t_5 = (17+N)$ мин, $t_6 = (28+N)$ мин, $t_7 = (25+N)$ мин, $t_8 = (31+N)$ мин. Определить среднее время восстановления аппаратуры \tilde{T}_B .

Задание 6. Аппаратура имела среднюю наработку на отказ $(65+5N)$ ч и среднее время восстановления $(1,25+0,1N)$ ч. Требуется определить коэффициент готовности.

N – номер варианта.

Контрольные вопросы

1. Назовите показатели надежности.
2. От чего зависит выбор количественных характеристик надежности.
3. Вероятность и частота отказов.
4. Интенсивность отказов и средняя наработка до отказов.
5. Невосстанавливаемые и восстанавливаемые системы.
6. Основные законы распределения времени безотказной работы.
7. Закон Релея
8. Закон Гамма
9. Закон Вейбулла
10. Коэффициент простоя и оперативной готовности.

Лабораторная работа № 6

Косвенное измерение объема и плотности твёрдых тел

Цель работы:

- освоение методов проведения однократных прямых и косвенных измерений;
- усвоение правил обработки, представления (записи) и интерпретации результатов проведенных измерений;
- приобретение практических навыков применения различных по точности средств измерений, а также анализа и сопоставления точности результатов косвенных измерений с точностью средств измерений, используемых при проведении прямых измерений;
- выявление возможных источников и причин методических погрешностей

Основные понятия и определения

Косвенное измерение – определение искомой физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

При косвенных измерениях искомое значение величины находят расчетом на основе прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной известной зависимостью:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (6.1)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – подлежащие прямым измерениям аргументы функции y .

Результатом косвенного измерения является оценка величины y , которую находят подстановкой в формулу (6.1) измеренных значений аргументов x_i .

Поскольку каждый из аргументов x_i измеряется с некоторой погрешностью, то задача оценивания погрешности результата сводится к суммированию погрешностей измерения аргументов. Однако особенность косвенных измерений состоит в том, что вклад отдельных погрешностей измерения аргументов в погрешность результата зависит от вида функции (6.1).

Для оценки погрешностей существенным является разделение косвенных измерений на линейные и нелинейные косвенные измерения.

При линейных косвенных измерениях уравнение измерений имеет вид:

$$y = \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i, \quad (6.2)$$

где b_i – постоянные коэффициенты при аргументах x_i .

Результат линейного косвенного измерения вычисляют по формуле (6.2), подставляя в неё измеренные значения аргументов.

Погрешности измерения аргументов x_i могут быть заданы своими границами Δx_i .

При малом числе аргументов (меньше пяти) простая оценка погрешности результата Δy получается простым суммированием предельных погрешностей (без учета знака), т.е. подстановкой границ $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ в выражение:

$$\Delta y = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n \quad (6.3)$$

Однако эта оценка является излишне завышенной, поскольку такое суммирование фактически означает, что погрешности измерения всех аргументов одновременно имеют максимальное значение и совпадают по знаку.

Учитывая, что погрешности измерения аргументов всегда являются малыми величинами по сравнению с номинальными значениями аргументов, то погрешность результата измерения Δy :

$$\Delta y = \frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n. \quad (6.4)$$

Если проанализировать формулу (6.4), то можно получить простое правило оценивания погрешности результата нелинейного косвенного измерения.

Погрешности в произведениях и частных. Если измеренные значения x_1, x_2, \dots, x_n используются для вычисления $y = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n$

или $y = \frac{x_1}{x_2}$, то суммируются относительные погрешности

$$\partial y = \partial x_1 + \partial x_2 + \dots + \partial x_n, \text{ где } \partial y = \frac{\Delta y}{y}$$

Применительно к измерению плотности твёрдого тела оно заключается в прямых измерениях массы тела и его геометрических размеров и вычислении отношения массы к объёму по формуле

$$\rho = m/V. \quad (6.5)$$

В данной работе проводится косвенное измерение плотности и объёма твёрдых тел

Правила округления погрешности и записи результатов измерений

Эмпирически были установлены следующие правила округления рассчитанного значения погрешности и полученного результата измерения.

1. Если первая значащая цифра числа, выражающего погрешность, равна 1 или 2, то это значение погрешности должно содержать две значащих цифры. При этом округление проводится всегда в большую сторону. Ниже приведены примеры округления погрешностей измерения.

| Вычисленная погрешность | Округленная погрешность |
|------------------------------|---------------------------|
| $\Delta = 137,153 \text{ м}$ | $\Delta = 140 \text{ м}$ |
| $\Delta = 2,42 \text{ кг}$ | $\Delta = 2,5 \text{ кг}$ |

2. Если первая значащая цифра числа, выражающего погрешность, равна 3 и более, то значение погрешности должно содержать одну значащую цифру. При этом округление проводится по законам математики. Ниже приведены примеры округления погрешностей измерения.

| Вычисленная погрешность | Округленная погрешность |
|------------------------------|---------------------------|
| $\Delta = 0,0327 \text{ В}$ | $\Delta = 0,03 \text{ В}$ |
| $\Delta = 516,78 \text{ Дж}$ | $\Delta = 500 \text{ Дж}$ |

3. При записи результатов измерений числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности.

4. Округление производится лишь в окончательном ответе, все промежуточные вычисления производятся с одним, двумя лишними знаками. Ниже приведены примеры записи результатов измерений.

Результаты вычислений

$$C_{\text{изм}} = 0,0014964 \text{ Ф};$$

$$\Delta = \pm 0,000123 \text{ Ф}$$

$$m_{\text{изм}} = 34667,83 \text{ кг}; \Delta = \pm 867,15 \text{ кг}$$

$$t_{\text{изм}} = 29,756 \text{ сек}; \Delta = \pm 0,0172 \text{ сек.}$$

Результаты измерений

$$C_{\text{изм}} = (1,50 \pm 0,13) \cdot 10^{-3} \text{ Ф};$$

$$m_{\text{изм}} = (34,7 \pm 0,9) \cdot 10^3 \text{ кг};$$

$$t_{\text{изм}} = (29,756 \pm 0,018) \text{ сек.}$$

Порядок выполнения работы

Задание 1

1. Произвести однократные измерения длины, ширины и высоты параллелепипеда средствами измерений различной точности: штангенциркулем, и линейкой. Результаты измерений записать в табл. 6.1.

2. Определить объём параллелепипеда используя соотношение:

$$V = S_{\text{основ}} \cdot h. \quad (6.6)$$

где $S_{\text{основ}}$ — площадь основания параллелепипеда, h — высота. мм^3

3. Определить относительную погрешность измерений, выраженную в относительных единицах.

$$\delta_v = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta h}{h} \quad (6.7)$$

В формуле – погрешности средств измерений, используемых при измерениях и измеренные значения. Погрешность линейки $\pm 0,5 \text{ мм}$

При косвенных измерениях физических величин очень часто используются табличные данные или иррациональные константы. В силу этого используемое при расчетах значение константы, округленное до некоторого знака, является приближенным числом, вносящим свою долю в погрешность измерений. Эта доля погрешности определяется как погрешность записи (округления) константы.

Таблица 6.1

Результаты измерений

| Измеряемый параметр | Параллелепипед 1 | | Параллелепипед 2 | |
|-------------------------------------|------------------|----|------------------|----|
| | линейка | ШЦ | линейка | ШЦ |
| Длина l , мм | | | | |
| Высота h , мм | | | | |
| Ширина b , мм | | | | |
| V , мм^3 | | | | |
| δ_v | | | | |
| ΔV , мм^3 | | | | |
| $V = (V \pm \Delta V) \text{ мм}^3$ | | | | |

4. Определить погрешность вычисления объема по формуле:

$$\Delta V = \delta_V \cdot V, \text{ мм}^3 \quad (6.8)$$

5. Округлить погрешности измерений и записать результат измерений объёмов цилиндров

$$V = (V \pm \Delta V) \text{ мм}^3 \quad (6.9)$$

Для того, чтобы записать окончательный результат косвенных измерений, необходимо произвести округление погрешности измерений ΔV , согласовать числовые значения результата измерений и погрешности.

6 Оформить отчет и сделать вывод.

Задание 2

1. Измерить геометрические размеры образцов с помощью штангенциркуля, причём измерения производить по средним сечениям образцов. Полученные результаты измерений внести в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Результаты измерений

| Материал и форма образца | Геометрические размеры образца, м | | Объём образца $V, \text{ м}^3$ | Масса образца $m, \text{ кг}$ | Плотность материала $\rho, \text{ кг/м}^3$ |
|--------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|--|
| Дерево, призма 1 | Длина l | | | | |
| | Ширина b | | | | |
| | Высота h | | | | |
| Дерево, призма 2 | Длина l | | | | |
| | Ширина b | | | | |
| | Высота h | | | | |

Рекомендуется результаты измерений геометрических размеров и результаты расчётов объёма и плотности записывать числами с множителем 10 в соответствующей степени.

2. Рассчитать объём каждого образца и плотность материала в соответствии с формулами значения объёмов и плотностей округлить до четырёх значащих цифр и внести в табл. 6.2.

3. В качестве абсолютных погрешностей прямых измерений геометрических размеров и массы образцов принять абсолютные допускаемые погрешности применённых средств измерений. Определить относительные погрешности всех измеренных прямо величин; те и другие погрешности внести в табл. 6.3. $\delta_x = \frac{\Delta x}{x}$

Таблица 6.3

Результаты измерений

| Параметр | Значение | |
|--|----------|--|
| δ_p | | |
| $\Delta\rho$, кг/м ³ | | |
| $\rho = \rho \pm \Delta\rho$ кг/м ³ | | |

4 По формулам рассчитать соответствующие погрешности измерений плотности каждого материала (образца) и внести их в таблицу 6.3 с округлением до трёх-четырёх значащих цифр.

Контрольные вопросы

1 Прямые и косвенные измерения. В каких случаях прибегают к косвенным измерениям?

2 Каким образом устанавливаются зависимости (уравнения связи) между искомой величиной, измеряемой косвенно, и величинами, измеряемыми прямо?

3 Каким требованиям должны отвечать образцы твёрдых тел для косвенного измерения их плотности?

4 Из чего складывается погрешность косвенных измерений?

5 В чём заключается требование равноточности прямых измерений применительно к косвенным измерениям?

6 Целесообразен ли и при каких условиях возможен переход от косвенных измерений каких-либо величин к их прямому измерению?

7 Как определяется абсолютная и относительная погрешность при прямых измерениях?

8 Как определить относительную ошибку косвенного измерения?

9 Как можно определить абсолютную ошибку при косвенном измерении?

10 Как записать окончательный результат измерения.

Лабораторная работа № 7**Изучение методов поверки и калибровки средств измерений**

Цель работы: выполнить поверку штангенциркуля и весов, сделать вывод об их пригодности для измерений.

Основные понятия и определения

Основным законодательным актом, регулирующим отношения в области метрологии, является Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (далее Закон).

Под *единством измерений* понимают состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в РФ единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы. Для обеспечения единства измерений необходимо не только применение узаконенных единиц величин, но и важно, чтобы размер единиц был одинаковым. Для этого следует воспроизводить единицы с максимально возможной точностью с помощью эталонов, хранить единицу в состоянии, обеспечивающем неизменность размера во времени, и регулярно передавать размер единицы всем другим средствам измерений, проградуированным в этой единице.

Поверочная схема - утвержденный документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размеров единиц от эталона рабочим средствам измерений.

Основной метрологической операцией при передаче размеров единиц величин является поверка средств измерений. *Поверка средств измерений* - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

В соответствии с Законом, средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации - периодической поверке.

Средства измерений (СИ), которые не предназначены для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений не подлежат государственному надзору.

Калибровка СИ - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик СИ.

Калибровочная лаборатория по заявке (договору) заказчика определяет и подтверждает сертификатом о калибровке действительные значения метрологических характеристик СИ на данный момент времени. При этом калибровочная лаборатория не делает никакого вывода о пригодности прибора. Установленные характеристики могут отличаться от паспортных и только в компетенции заказчика определить, в каких условиях и для каких целей можно использовать данное СИ.

При поверке же, СИ признается пригодным, если действительные значения его метрологических характеристик соответствуют ранее

установленным техническим требованиям. Вывод о пригодности СИ в этом случае делает лаборатория, проводившая поверку.

Порядок выполнения работы. Поверка штангенциркуля

1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие штангенциркуля требованиям ГОСТ 166 п.2.25 и п.2.26 в части отчетливости и правильности оцифровки штрихов шкал, комплектности и маркировки;
- наличие зажимного устройства для зажима рамки, шкал на штанге и рамке (ГОСТ 8.113 п.3.1).

Не допускаются:

- заметные при визуальном осмотре дефекты, ухудшающие эксплуатационные качества и препятствующие отсчету показаний;
- перекося края нониуса к штрихам шкалы штанги, препятствующий отсчету показаний.

Отразите в протоколе соответствие штангенциркуля требованиям ГОСТ 166 п.2.25 и п.2.26, а также ГОСТ 8.113 п.3.1.

2. Опробование

При опробовании проверяют:

- плавность перемещения рамки вместе с устройством тонкой настройки рамки;
- возможность продольного регулирования нониуса;
- отсутствие перемещения рамки под действием собственной массы;
- возможность зажима рамки в любом положении в пределах диапазона измерения;
- нахождение рамки с нониусом по всей ее длине на штанге при измерении размеров, равных верхнему пределу измерения;
- отсутствие продольных царапин на шкале штанги при перемещении по ней рамки (визуально).

3. Определение метрологических характеристик

3.1. Длину вылета губок определяют при помощи металлической измерительной линейки. Длина вылета губок должна соответствовать значениям, установленным в ГОСТ 166 п.1.5. Допускается уменьшение длины вылета губок до 30 мм и уменьшение длины губок для внутренних измерений на $\frac{1}{4}$ их длины по сравнению со значениями, приведенными в ГОСТ 166 п.1.5.

Отразите в протоколе результаты измерения длины вылета губок в виде табл. 7.1.

3.2. Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения наружных размеров определяют при помощи концевых мер длины и ролика (ГОСТ 8.113 п.3.3.6 черт. 2) при трех положениях подвижной губки, близких к пределам измерений и середине диапазона измерения штангенциркуля.

За отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок принимают наибольшую разность измеренных расстояний при каждом положении подвижной губки, которая не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 166 п. 2.6.

Таблица 7.1

Результаты измерения длины вылета губок

| Характеристика (ГОСТ 166 п.1.1 черт.1 - 4) | Измеренное значение | Нормативное значение по ГОСТ 166 п. 1.5 | Вывод (соответствует / не соответствует) |
|---|---------------------|---|--|
| 1 Длина вылета губок для измерения наружных размеров l , мм | | | |
| 2 Длина вылета губок для измерения внутренних размеров l , мм | | | |

Отразите в протоколе результаты определения отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения наружных размеров, заполнив табл. 7.2.

Таблица 7.2

Результаты определения отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения наружных размеров

| Положение подвижной губки | Номер измерения i | Результат измерения a_i , мм | Отклонение Δa_i , мм | Нормативное значение Δa_N , мм (ГОСТ 166 п. 2.6) | Вывод |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------------|--|-------|
| Близко к нижнему пределу измерения | 1 | | $\Delta a_I = a_1 - a_2$ | | |
| | 2 | | | | |
| В середине диапазона измерения | 3 | | $\Delta a_{II} = a_3 - a_4$ | | |
| | 4 | | | | |
| Близко к верхнему пределу измерения | 5 | | $\Delta a_{III} = a_5 - a_6$ | | |
| | 6 | | | | |

3.3. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типа ШЦ-I и расстояние между ними определяют гладким микрометром при затянутом зажиме рамки. Штангенциркуль устанавливают на размер 10 мм по концевой мере длиной 10 мм. Микрометром измеряют расстояние между измерительными поверхностями губок в двух или трех сечениях по длине губок. Разность расстояний равна отклонению от параллельности измерительных поверхностей и не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 166 п. 2.6.

Отразите в протоколе результаты определения отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок для измерения внутренних размеров, заполнив табл. 7.3.

Таблица 7.3

**Результаты определения отклонения от параллельности
плоских измерительных поверхностей губок для измерения
внутренних размеров**

| Номер измерения i | Результат измерения b_i , мм | Отклонение $\Delta b = b_1 - b_2$, мм | Нормативное значение Δb_N , мм (ГОСТ 166 п. 2.6) | Вывод |
|---------------------|--------------------------------|--|--|-------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

3.4. Погрешность штангенциркулей типа ШЦ-I при измерении глубины определяют по концевым мерам длиной 30 мм. Две концевые меры устанавливают на плоскую стеклянную пластину или верочную плиту. Торцы штанги прижимают к измерительным поверхностям концевых мер. Линейку глубиномера перемещают до соприкосновения с плоскостью стекла или плиты и производят отсчет. Погрешность штангенциркуля при измерении глубины не должна превышать значения, установленного в ГОСТ 166 п. 2.4.

Отразите в протоколе результаты определения погрешности штангенциркуля при измерении глубины, заполнив табл. 7.4.

Таблица 7.4

**Результаты определения погрешности при измерении
глубины**

| Результат измерения h , мм | Эталонное значение $h_{эм}$, мм | Погрешность $\Delta h = h - h_{эм}$, мм | Нормативное значение Δh_N , мм (ГОСТ 166 п. 2.4) | Вывод |
|------------------------------|----------------------------------|--|--|-------|
| | | | | |

3.5. Погрешность штангенциркулей определяют по концевым мерам длины. Блок концевых мер длины помещают между измерительными поверхностями губок штангенциркуля. Усилие

сдвигания губок должно обеспечивать нормальное скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер длины при опущенном стопорном винте рамки. Длинное ребро измерительной поверхности губки должно быть перпендикулярно к длинному ребру концевой меры длины и находиться в середине измерительной поверхности.

В одной из поверяемых точек погрешность определяют при зажатом стопорном винте рамки, при этом должно сохраняться нормальное скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер.

Погрешность для каждой пары губок не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 166 п. 2.3.

Отразите в протоколе результаты определения погрешности штангенциркуля, заполнив табл. 7.5.

3.6. Проверяют нулевую установку штангенциркуля. Для штангенциркулей типа ШЦ-I при сдвинутых до соприкосновения губках смещение штриха нониуса должно быть в плюсовую сторону. Смещение нулевого штриха определяют при помощи концевой меры длиной 1,05 мм, которую перемещают между измерительными поверхностями губок. При этом показание штангенциркуля должно быть не более 1,1 мм (ГОСТ 8.113 п.3.3.11).

Отразите в протоколе результаты проверки нулевой установки штангенциркуля, заполнив табл. 7.6; укажите, есть ли смещение нулевого штриха нониуса, если есть, то в какую сторону (положительную/отрицательную) относительно нулевого штриха шкалы штанги.

Таблица 7.5

Результаты определения погрешности

| Положе-ние подвиж-ной губки | Номер изме-рения i | Резуль-тат изме-рения c_i , мм | Этало-ное значение c_N , мм | Погреш-ность $\Delta c_i = c_i - c_N$, мм | Нормати-вное значение Δc_N , мм (ГОСТ 166 п. 2.6) | Вы-вод |
|------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|---|--------|
| Близко к нижнему пределу измерения | 1 | | | | | |
| В середине диапазона | 2 | | | | | |
| Близко к верхнему пределу | 3 | | | | | |

Таблица 7.6

Проверка нулевой установки

| Номер измерения i | Результат измерения e_i , мм | Эталонное значение e_m , мм | Нормативное значение e_N , мм | Вывод |
|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

4 Оформление результатов поверки. На основании проведенной поверки штангенциркуль ___(обозначение штангенциркуля)___ № ___(заводской номер)___, изготовленный ___(производитель штангенциркуля)___ пригоден/не пригоден для применения.

Порядок выполнения работы. Поверка весов**1. Внешний осмотр**

1.1. При внешнем осмотре собранных весов должно быть установлено наличие основных обозначений по ГОСТ 29329.

Отразите в протоколе соответствие весов требованиям ГОСТ 29329 п.2.12.1.

1.2. Основные обозначения должны быть четкими, хорошо видимыми и должны быть выполнены на табличке, постоянно закрепленной на весах, или непосредственно на весах.

Отразите в протоколе характер основных обозначений: четкие/нечеткие, хорошо/плохо видимы, выполнены на табличке/непосредственно на весах.

1.3. Отсутствие механических повреждений.

Отразите в протоколе наличие или отсутствие механических повреждений весов.

2. Опробование

Отразите в протоколе работоспособность органов управления, аппаратуры индикации и режимов работы, заполнив табл. 7.8.

3. Определение метрологических параметров

Метрологические параметры определяют на собранных весах. При этом определяют непостоянство показаний ненагруженных весов, независимость показаний весов от положения груза на грузоприемном устройстве, чувствительность и погрешность показаний нагруженных весов. Метрологические параметры определяют методом непосредственной оценки при помощи образцовых гирь 4-го разряда.

Таблица 9.8

**Работоспособность органов управления, аппаратуры
индикации и режимов работы**

| № измерения | Наименование | Работоспособность (раб/ не раб.) |
|-------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Кнопка ВКЛ/ТАРА | |
| 2 | Кнопка Ф | |
| 3 | Кнопка ВЫКЛ | |
| 4 | Дисплей | |
| 5 | Режим установок | |
| 6 | Автоматическое отключение | |
| 7 | Выбор единиц измерения | |
| 8 | Счетный режим работы | |
| 9 | Режим тарирования | |

3.1. Непостоянство показаний ненагруженных весов определяют перед установлением других метрологических параметров нагруженных весов. При определении непостоянства показаний ненагруженных весов на грузоприемное устройство помещают гири-допуски массой, равной при эксплуатации $1e$ (e – цена поверочного деления) и регулятором "нуля" или тары устанавливают весы в нулевое положение (положение равновесия). Непостоянство показаний определяют для настольных весов и рычажных безменов при выведении их из положения равновесия нажатием рукой на грузоприемную площадку весов с определением и регистрацией массы.

В случае невозвращения указателя отсчетного устройства в нулевое положение (положение равновесия) необходимо снять или положить на грузоприемное устройство гири-допуски. Непостоянство показаний ненагруженных весов не должно превышать значений $\pm 1e$.

Отразите в протоколе непостоянство показаний ненагруженных весов, заполнив табл. 7.9.

Таблица 7.9

Непостоянство показания ненагруженных весов

| № измерения | Масса начальной гири допуска, кг | Измеряемая масса, при нажатии рукой | Масса гирь-допуска для компенсации непостоянства измерений |
|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

3.2. Независимость показаний весов от положения груза на грузоприемном устройстве проверяют при нагружении весов образцовыми гири массой, соответствующей 10% НПВ. Образцовые гири размещают на настольных весах с одной площадкой - в центре, а затем по ее углам. Отрадите в протоколе зависимость показаний весов от положения груза на грузоприемном устройстве, заполнив табл. 7.10.

3.3. Погрешность нагруженных электромеханических весов определяют при увеличении и при уменьшении нагрузками, равными десяти значениям массы.

Таблица 7.10

Независимость показания весов от положения груза

| № измерения | Масса образцовой гири Q , кг | Результат измерения X , кг | Абсолютная погрешность измерения $\Delta = Q - X$, кг | Предел допускаемой погрешности, кг |
|-------------|--------------------------------|------------------------------|--|------------------------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

Отразите в протоколе погрешность показаний нагруженных весов, заполнив табл. 7.11.

3.4. Чувствительность весов определяют не менее, чем при трех значениях нагрузки, включая НмПВ и НПВ, путем помещения на грузоприемное устройство или снятия с него гири-допусков, равных по массе от 0,5е до 1,4е. Чувствительность весов во всем диапазоне взвешивания не должна превышать 1,2е.

Отразите в протоколе чувствительность нагруженных весов, заполнив табл. 7.12.

Таблица 7.11

Погрешность показаний нагруженных весов

| № | Нагружение или разгрузка +/- | Масса гири Q , кг | Результат измерения X , кг | Абсолютная погрешность измерения | $\Delta = Q - X$, кг | Предел допускаемой погрешности Δ_{\max} |
|---|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|---|
| | + | 0,0102 | | | | |
| | + | 0,1104 | | | | |
| | + | 0,2204 | | | | |
| | + | 0,3309 | | | | |
| | + | 0,4400 | | | | |
| | + | 0,5501 | | | | |
| | + | 0,6603 | | | | |
| | + | 0,7705 | | | | |
| | + | 0,8815 | | | | |
| | + | 1,0002 | | | | |
| | - | 0,8815 | | | | |
| | - | 0,7705 | | | | |
| | - | 0,6603 | | | | |
| | - | 0,5501 | | | | |
| | - | 0,4400 | | | | |
| | - | 0,3309 | | | | |
| | - | 0,2204 | | | | |
| | - | 0,1104 | | | | |

Таблица 7.12

Чувствительность весов

| № измерения | Нагрузка, г | Цена деления | Масса гири-допуска которой изменились показания весов, кг |
|-------------|-------------|--------------|---|
| | 0,0103 | | |
| | 0,5009 | | |
| | 1,0004 | | |

3.5. Погрешность шкалы устройства для компенсации массы тары определяют не менее, чем в пяти равномерно расположенных отметках, включая НМПВ и НПВ–0,5 кг. Гири соответствующей массы устанавливают на площадку весов, после чего устанавливают или снимают гири-допуски, устанавливая весы в нулевое положение. Погрешность устройства не должна превышать пределов допускаемой погрешности, установленной в ГОСТ 29329 п.2.3.1.

Отразите в протоколе погрешность устройства для компенсации массы тары, заполнив табл. 7.13.

Таблица 7.13

| Погрешность шкалы устройства для компенсации массы тары | | |
|--|-------------------------------|--|
| № измерения | Компенсируемая масса тары, кг | Масса гирь-допусков при которых весы переходят в нулевое положение, кг |
| | 0,0103 | |
| | 0,0253 | |
| | 0,5102 | |
| | 0,7508 | |
| | 1,0031 | |

7 Оформление результатов поверки. На основании проведенной поверки весы (обозначение весов) № (заводской номер) , изготовленные (производитель весов) пригодны/не пригодны для применения.

Контрольные вопросы

1. К какой классификационной группе СИ относятся средства измерений, используемые в вашей лабораторной работе?

2. Дайте определение «поверка СИ».

3. Что такое «калибровка СИ». Для каких приборов она осуществляется?

4. В чем отличие поверки от калибровки?

5. Какой документ регулирует отношения в области обеспечения единства измерений?

6. Дайте определение «единство измерений».

7. Что такое «поверочная схема»?

8. С какой целью проводят измерения погрешности при увеличении и при уменьшении значения величины?

9. Что такое нормальные условия применения СИ, чем они отличаются от рабочих условий?

10. Почему не рекомендуют проводить измерения, если результат считывается в начале шкалы стрелочного прибора?

11. Какие операции выполняют при поверке?

12. Когда проводится первичная поверка?

13. Что такое «периодическая поверка»?

14. В каких случаях проводят внеочередную поверку?

15. Кто проводит поверку СИ?

16. Для каких СИ поверка обязательна?

17. Поясните порядок проведения поверки для вашего поверяемого СИ.

18. Какой класс точности у вашего средства измерения? На что он указывает?

19. Какое требование предъявляется к точности эталонного средства, по отношению к поверяемому?

20. Что называют верхним пределом измерения поверяемого прибора?

Лабораторная работа №8

Электрические измерения неэлектрических величин

Цель работы:

- исследования измерение температуры с помощью различных типов температурных датчиков
- исследования измерение скорости вращения датчиком Холла и фотодатчиком.

Измерение температуры

Основные понятия и определения

Термопреобразователь сопротивления - устройство действие которого основано на изменении сопротивления металла от температуры, имеет положительный температурный коэффициент.

Термоэлектрический преобразователь - устройство действие которого основано на термоэлектрическом эффекте Пельтье-Томсона.

Термосопротивление - термопреобразователь действие, которого основано на изменении сопротивления неметаллического материала от температуры, имеет, как правило, отрицательный температурный коэффициент.

Микросхема термодатчика - устройство, содержащее в качестве термочувствительного элемента полупроводник и электронную схему, формирующую выходной измерительный сигнал.

Измерительный преобразователь - техническое средство с нормируемыми метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в электрический измерительный сигнал.

Основными техническими характеристиками температурных датчиков служат: номинальное сопротивление, температурный коэффициент, постоянная времени, методика эксперимента.

Экспериментальная часть работы

Все температурные датчики (4 вида) находятся в специальной термической камере расположенной, из соображений безопасности

,внутри стенда ,нагрев которой включается тумблером НАГРЕВ. Контроль температуры в камере осуществляется по цифровому индикатору прибора измерителя- регулятора TR- 440, который настроен на ограничение максимальной температуры нагрева. Температурным датчиком этого прибора использован термоэлектрический преобразователь стенда

Порядок выполнения работы

1. Для определения характеристик термодатчиков производим замер сопротивления датчиков и выходного напряжения микросхемы термодатчика при постепенном увеличении температуры в термокамере. Изменение температуры производим дискретно с выдержкой на каждом значении до установления стабильных показаний. Измеренные значения заносятся в таблицу отдельно по каждому датчику. Постоянная времени определяется для одной температурной точки.

Температурный коэффициент определяется для значений параметров в начале и в конце диапазона изменения температуры. Расчет величины коэффициента производится по следующей формуле:

$$K = \frac{R_2 - R_1}{T_2 - T_1} \text{ ом/град.}$$

2 Для непосредственного измерения температуры необходимо включить термопреобразователь в электронную схему с источником питания и индикатором. Неуравновешенный мост исключает необходимость выполнения ручных операций по балансировке моста при измерении температуры. При стабильном напряжении питания и постоянных сопротивлениях через измерительную диагональ протекает ток величина которого зависит только от изменения сопротивления терморезистора.

3 Настройка и калибровка измерительной схемы заключается в регулировке значений R_0 и R_n . Для настройки начала диапазона вместо термопреобразователя подключить магазин сопротивлений и установить значение 53 Ом. Регулируя величину R_3 добиться нулевые показания индикатора. Регулировка верхнего предела измерений 100 град, производится при установленном значении 75.55 Ом на магазине сопротивлений. Регулируя величину $R_{\text{перем}}$ добиваемся показания индикатора равным 100.

4. Испытание трехпроводной схемы подключения термопреобразователя. При подключении термопреобразователя сопротивления к измерительной схеме проводниками с сопротивлением сравнимым с сопротивлением термопреобразователя возникает погрешность измерения температуры. Влияние

сопротивления соединительных проводов устраняется путем компенсации. Компенсация возможна, если соединительные провода одинаковы, в этом случае появляется возможность выделить отдельно сопротивление соединительных проводов и скомпенсировать их влияние(рис.8.1).

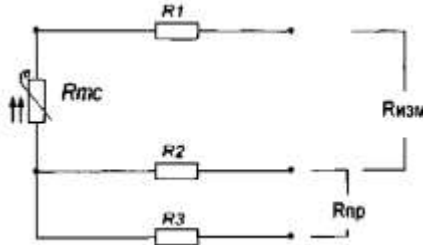


Рис. 8.1 Трёхпроводная схема подключения термосопротивлений

При условии $R_1=R_2=R_3$ находим $R_T = R_{изм} - R_{пр}$

4. Заполнить табл. 8.1 и рассчитать температурный коэффициент.

Таблица 8.1

Результаты измерений

| Температура, °С Датчик | Сопротивление, Ом и Температурный коэффициент, К | | | | | |
|---------------------------|--|--|---------------------------------|--|----------------------------------|--|
| | Термопара | | Терморезистор полупроводниковый | | Медный термодатчик сопротивления | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

6. Сделать вывод.

Измерения скорости вращения. Измерение формы выходного сигнала фотодатчика и датчика Холла.

Основные понятия и определения

Скорость вращения характеризуется числом полных оборотов, совершаемых телом в единицу времени и называется *частотой вращения*.

Телом вращения в стенде используется барабан, на котором имеется метки разного вида для функционирования датчиков на основе оптической пары, индуктивного датчика и датчика на эффекте Холла.

Принцип действия датчика Холла основан на детектировании

изменения магнитного потока при прохождении вдоль чувствительной поверхности датчика ферромагнитного элемента.

Принцип действия оптопары заключается в перекрытия оптического канала вращающимся телом один раз за оборот, или по отражению светового луча от белой метке на поверхности вращающегося тела.

Скорость вращения барабана изменяется регулировкой стенда ОБОРОТЫ. Скорость вращения барабана измеряется лазерным тахометром типа DT 2234 А. Выходные сигналы датчиков выведены на лицевую панель стенда и имеют соответствующую маркировку ВЫХОД ДАТЧИКА ХОЛЛА, ВЫХОД ФОТОДАТЧИКА и ВЫХОД ИНДУКТИВНОГО ДАТЧИКА.

Порядок выполнения работы

1. Включить стенд и установить скорость вращения барабана
2. Навести луч фотодатчика на белую метку барабана и сделать замеры через 5, 20 и 60 сек.
3. Заполнить табл. 8.2

Таблица 8.2

Результаты измерений

| Показания датчика Холла | Показания фотодатчика |
|-------------------------|-----------------------|
| | |
| | |
| | |

4. Сделать вывод

Контрольные вопросы

1. Дать определение: Термопреобразователь сопротивления, термоэлектрический преобразователь, термосопротивление, микросхема термодатчика, термопара, измерительный преобразователь.
2. Основные технические характеристики температурных коэффициентов.
3. Каким образом происходит измерение температуры, с помощью различных температурных датчиков?
4. Как устраняете влияние сопротивления соединительных проводов?
5. Принцип действия датчика Холла
6. Принцип действия оптопары.

Лабораторная работа № 9

Государственный метрологический контроль

Цель работы: изучение задач и функций Государственной метрологической службы России (ГМС).

Основные понятия и определения

ГМС представляет собой совокупность государственных метрологических органов и создается для управления деятельностью по обеспечению единства измерений.

Деятельностью этих служб руководит *Госстандарт РФ*, который координирует их работу с работой ГМС на основе единой технической политики.

Закон «Об обеспечении единства измерений» устанавливает следующие виды государственного метрологического контроля:

- утверждение типа средств измерений;
- поверка средств измерений, в том числе эталонов;
- лицензирование деятельности юридических и физических лиц на право изготовления, ремонта, продажи и проката средств измерений.

Утверждение типа средств измерений

Утверждение типа средства измерений – решение, выносимое органом государственной метрологической службы, свидетельствующее о соответствии средств измерений установленным требованиям и о пригодности его применения в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора.

Все средства измерений, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежат обязательному утверждению. При утверждении типа средств измерений, устанавливаются показатели точности, а так же интервал и методика проведения поверки средств измерений данного типа.

Порядок проведения испытаний средств измерений и стандартных образцов установлен в правилах по метрологии ПР 50.2.104-09 и включает в себя:

- испытания средств измерений для целей утверждения их типа;
- принятие решения об утверждении типа, его государственную регистрацию и выдачу сертификата об утверждении типа;

- испытания средств измерений на соответствие утвержденному типу при контроле соответствия средств измерений утвержденному типу;
- признание утверждения типа или результатов испытаний типа средств измерений, проведенных компетентными организациями зарубежных стран;
- информационное обслуживание потребителей измерительной техники.

Заявки на проведение испытаний средств измерений для целей утверждения типа, в том числе ввозимых по импорту, направляют разработчик, изготовитель или его уполномоченный в Ростехрегулирование, которое в 10-тидневный срок принимает решение по заявке и направляет поручение аккредитованным государственным центрам испытаний средств измерений (ГЦИ СИ) на проведение испытаний средств измерений для целей утверждения их типа, а копию поручения - заявителю и во ВНИИМС. В поручении указывают сроки и место проведения испытаний.

Для проведения испытания средств измерения для целей утверждения типа, заявителю требуется предоставить следующие документы:

- образец (образцы) средств измерения;
- программу испытаний типа, утвержденную ГЦИ СИ;
- технические условия (если предусмотрена их разработка), подписанные руководителем организации-разработчика;
- эксплуатационные документы, а для импортируемых средств измерения — комплект документации фирмы-изготовителя, прилагаемый к поставляемому средству измерения, с переводом на русский язык;
- нормативный документ по поверке при отсутствии в эксплуатационной документации раздела «Методика поверки»;
- описание типа с фотографиями общего вида;
- документ организации-разработчика о допустимости опубликования описания типа в открытой печати.

Документы для принятия решения по заявке и дальнейшего проведения испытаний, подаются в ГЦИ СИ.

Утверждение типа средств измерений удостоверяется свидетельством об утверждении типа средств измерений (до 30.11.2009 года - сертификатом об утверждении типа), которое оформляется Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

Срок действия свидетельств об утверждении типа средств измерений серийного производства - 5 лет. Для свидетельств об утверждении типа средств измерений единичного производства - без ограничения срока.

Срок действия свидетельств об утверждении типа средств измерений серийного производства может быть продлен без проведения испытаний на последующие 5 лет решением Ростехрегулирования на основании письменного заявления держателя свидетельства с представлением информации об отсутствии изменений в документации на изготовление стандартных образцов или средств измерений и анализа результатов государственного метрологического надзора и обращений граждан с претензиями к выпускаемым средствам измерений за предыдущие 5 лет.

Проверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (органами ГМС) или другими уполномоченными на то органами и организациями с целью определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям.

Проверка проводится физическим лицом, аттестованным как поверитель в соответствии с ПР 50.2.012-94 и по результатам испытаний с целью утверждения типа.

Проверке подвергаются средства измерений утвержденного типа, при выпуске из производства, после ремонта и при эксплуатации. Средства измерений подлежат проверке в обязательном порядке.

Результат проверки – подтверждение, пригодности средств измерений к применению (или признание непригодности).

В России применяются следующие виды проверок средств измерений:

– Первичная – ей подлежат средства измерений утвержденных типов, произведенные или отремонтированные в основном в России.

– Периодическая – интервалы устанавливаются на основе Рекомендаций ВНИИМС-МИ 2273-93 «ГСИ. Области использования средств измерений, подлежащих проверке».

– Внеочередная – эту проверку проводят в случае повреждения знака поверительного клейма, утраты свидетельства о проверке, ввода в эксплуатацию средств измерения после длительного хранения и т.д.

– Инспекционная – ее проводят с целью выявления пригодности к применению средств измерений при осуществлении ГМН.

– Экспертная – эту проверку проводят при возникновении спорных вопросов по метрологическим характеристикам, исправности и пригодности средств измерений.

– Положительные результаты поверки удостоверяются поверительным клеймом и /или свидетельством.

– Периодическая поверка СИ производится через определенные промежутки времени, называемые межповерочным интервалом. Данные о межповерочном интервале содержится в описании типа СИ.

Калибровка средств измерений – это совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору.

Калибровка – добровольная операция, и ее может выполнять также и метрологическая служба самого предприятия.

Правовые основы калибровки средств измерений определяются ст. 23 Закона РФ "Об обеспечении единства измерений". Закон устанавливает границы применения калибровки: "средства измерений, не подлежащие поверке, могут подвергаться калибровке при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при эксплуатации, прокате и продаже". Закон устанавливает, что заинтересованные метрологические службы юридических лиц могут быть аккредитованы на право проведения калибровочных работ.

Возможные варианты организации калибровочных работ:

– предприятие самостоятельно организует у себя проведение калибровочных работ, и не аккредитуется ни в какой, системе;

– предприятие, заинтересованное в повышении конкурентоспособности продукции, аккредитуется в Российской системе калибровки (РСК) на право проведения калибровочных работ от имени аккредитовавшей его организации;

– предприятие аккредитуется в РСК с целью выполнения калибровочных работ на коммерческой основе;

– предприятия, аккредитовавшиеся на право поверки средств измерений, одновременно получают аттестат аккредитации на право проведения калибровочных работ по тем же видам (областям) измерений;

– метрологические институты и органы Государственной метрологической службы регистрируются в РСК одновременно как органы аккредитации и как калибровочные организации;

– аккредитация предприятия в качестве калибровочной лаборатории в зарубежной калибровочной службе открытого типа.

Результаты калибровки средств измерений удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на средства измерений, или сертификатом о калибровке, а также записью в эксплуатационных документах.

Порядок выполнения работы

1. Изучить информационный материал и заполнить табл. 9.1.

Таблица 9.1

Сравнительная характеристика видов ГМК

| Характерные особенности | Поверка СИ | Калибровка СИ | Утверждение типа средств измерения |
|--|------------|---------------|------------------------------------|
| Цель | | | |
| Исполнительная организация | | | |
| Нормативный документ в соответствии с которым проводится | | | |
| Обязательность процедуры | | | |
| Знак подтверждения пригодности или документ | | | |
| Срок действия | | | |

2. Проанализируйте данные таблицы и сделайте выводы.

Контрольные вопросы

1. Каково значение утверждения типа, поверки СИ и калибровки СИ?

2. Укажите значимость калибровки СИ и попытайтесь доказать необходимость применения данной системы.

3. Изучите Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 02.12.2013) "Об обеспечении единства измерений" Законспектируйте и дайте ответы на предложенные вопросы.

- 1 Дайте определения приведенным ниже терминам:

- аттестация методик (методов) измерений;
- обязательные метрологические требования;
- технические требования к средствам измерений;
- стандартный образец;
- утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений;
- технические системы и устройства с измерительными функциями;

- 2 Письменно ответьте на следующие вопросы:

- Когда был впервые принят и вступил в силу Закон РФ «Об обеспечении единства измерений»?
- Назвать цели данного Федерального закона.
- На какие измерения распространяется сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений?

- Изложите требования к измерениям.
- Назовите формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений.
- Какие параметры устанавливаются при утверждении типа средств измерений?
- Кем устанавливается перечень средств измерений, поверка которых осуществляется?
- Кем проводится обязательная метрологическая экспертиза содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений?
- С какой целью осуществляется аккредитация в области обеспечения единства измерений?
- Какие документы и сведения образуют Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений?

Лабораторная работа № 10

Виды стандартов и нормативных документов. Порядок разработки, внедрения и отмены стандартов

Цель работы: изучить виды стандартов и других нормативных документов. Познакомиться с основными стадиями разработки нового стандарта

Основные понятия и определения

Нормативный документ НД – документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов.

К основным нормативным документам относятся:

- национальный стандарт (В России – Государственный стандарт РФ – ГОСТ Р) – стандарт, принятый национальным органом по стандартизации и доступный широкому кругу потребителей;
- отраслевой стандарт (В России – ОСТ);
- стандарт предприятия (В России – СТП);
- стандарт научно-технических инженерных обществ и общественных объединений (В России – СТО);
- правила (В России – ПР);
- рекомендации (В России – Р);
- технические условия (ТУ) – в случае ссылки на них в контракте или договоре.

Государственный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р) – национальный стандарт, принятый федеральным органом исполнительной власти по стандартизации, в качестве которого в настоящий момент выступает Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии – Госстандарт России.

Государственные стандарты устанавливают обязательные требования безопасности к продукту (услуге) и допустимые уровни опасных и вредных производственных факторов, влияющих на здоровье и работоспособность людей.

Госстандарты также могут устанавливать основные потребительские (эксплуатационные) характеристики и методы контроля, требования к упаковке, транспортированию, хранению и утилизации продукта.

Отраслевые стандарты (ОСТ) – разрабатываются применительно к продуктам определенной отрасли. Их требования соответствуют требованиям Госстандартов. Объектами этих стандартов являются продукция, процессы, услуги, правила по организации работ, типовые конструкции изделий отраслевого применения, правила метрологического контроля.

Соблюдение требований таких стандартов осуществляется на предприятиях, принявших их, а контроль за выполнением организует ведомство, применявшее той или иной отраслевой стандарт.

Стандарты предприятий (СТП) – разрабатываются и принимаются самим предприятием. Объектами являются составные части производимой продукции (сырья, полуфабрикатов), технологическая оснастка и нормы процесса производства, инструменты и пр.

Стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений (СТО) – объектами СТО являются:

1. принципиально новые (пионерные) виды продукции и услуг;
2. новые методы испытаний, методология экспертизы;
3. нетрадиционные технологии разработки, изготовления, хранения и новые принципы организации и управления производством;
4. прочие виды деятельности.

Разработка принципиально новых видов продукции (услуг), нетрадиционных технологий, методов испытаний – это результат НИР. Сейчас эту функцию выполняют научно-технические и инженерные общества. СТО является объектом авторского права, и продажа его как интеллектуальной собственности заказчикам стандарта материально укрепляет как само НТО, так и разработчиков СТО.

СТО подлежат согласованию с соответствующими надзорными органами, если устанавливается в них, положения затрагивают безопасность людей, имущества и окружающей среды.

Требования СТО не должны быть ниже уровня обязательных требований государственных стандартов.

Порядок разработки, внедрения и отмены стандартов

Работа технического комитета начинается со сбора *заявок на разработку* стандарта.

В заявке обязательно должна быть обоснована необходимость разработки нормативного документа, не исключено также приложение к ней уже разработанного заявителем проекта стандарта.

Дальнейшая работа включает следующие этапы: составление технического задания (организацией-разработчиком или ТК), разработку проекта стандарта, представление окончательного варианта проекта в Госстандарт РФ (Госстрой РФ) для принятия, обновления стандарта, пересмотр и отмену стандарта.

В техническом задании определяют: сроки выполнения каждой стадии; содержание и структуру будущего стандарта, и перечень требований к объекту стандартизации; список заинтересованных потенциальных потребителей этого стандарта (государственные органы, предприятия, фирмы и т.п.).

Разработка проекта проходит две стадии. Вначале создается первая редакция.

Проект в первой редакции рассылается на отзыв заказчикам стандарта и выявленным ранее заинтересованным организациям.

Вторая стадия разработки заключается в анализе полученных отзывов, составлении окончательной редакции проекта нормативного документа и подготовке его к принятию.

Принятие стандарта осуществляет Госстандарт РФ на основании Закона и ГОСТ Р 1.5-91 «ГСС. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов». Стандарт принимается консенсусом, после чего устанавливается дата его введения в действие. Срок действия стандарта, как правило, не определяется.

Далее принятый стандарт подлежит регистрации, информация о нем публикуется в ежемесячном Информационном указателе.

При необходимости *обновления стандарта* ТК разрабатывает проект изменения, проект пересмотренного стандарта или предложения по отмене действующего нормативного документа и вносит предложение в Госстандарт РФ (Госстрой РФ).

Пересмотр государственного стандарта по существу является разработкой нового взамен действующего. Необходимость пересмотра

возникает в том случае, если вносимые изменения связаны со значительной корректировкой основных показателей качества продукции и затрагивает ее совместимость и взаимозаменяемость.

Отмена стандарта может осуществляться как с заменой его новым, так и без замены. Причиной, как правило, служит прекращение выпуска продукции (оказания услуг), которая производилась по данному нормативному документу, либо принятие нового стандарта.

Решение о внесении изменений, пересмотре или отмене стандарта отрасли принимает орган государственного управления, утвердивший данный нормативный документ.

Порядок выполнения работы

1. Заполните табл. 10.1 и 10.2, используя основные теоретические сведения
2. Проанализируйте данные таблицы и сделайте вывод, дополняя выдержками из теоретического курса по теме.

Таблица 10.1

Характеристика стандартов разных категорий

| Аббревиатура | Полное название стандарта | Объекты стандарта | Разработчик стандарта | Пример стандарта |
|--------------|---------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| ГОСТ Р | | | | |
| ОСТ | | | | |
| СТО | | | | |
| СТП | | | | |

Таблица 10.2

Стадии разработки нового стандарта

| Этапы | Краткое описание данного этапа | Примечание |
|-------|--------------------------------|------------|
| | | |
| | | |
| | | |

3. Сформулируйте выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое стандартизация? Назовите цели, задачи, объекты, область стандартизации.
2. Назовите основные виды стандартизации.
3. Что такое стандарт? Какие основные документы входят в состав нормативных?
4. Перечислите основные стандарты, разрабатываемые в нашей стране и охарактеризуйте их.

5. Что такое «ТУ»? В каких случаях данный документ становится нормативным?

6. Какие задачи стоят перед государственным стандартом?

7. Перечислите права и обязанности госинспекторов. Каким правовым документом они установлены?

8. Каким образом организуются работы по стандартизации в России? Органы управления и службы стандартизации: перечислите и укажите основные функции.

9. В чем суть международной и региональной стандартизации?

10. Назовите основные стадии разработки, внедрения стандартов, пересмотра и отмены старых стандартов.

Приложения

Приложение 1

Основные единицы СИ

| Величина | | Единица | | | Определение |
|--|-------------|--------------|---------------|---------|--|
| Наименование | Размерность | Наименование | Обозначение | | |
| | | | международное | русское | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Длина | L | метр | m | м | Метр есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299792458$ s [XVII ГКМВ (1983 г.)] |
| Масса | M | килограмм | kg | кг | Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма [I ГКМВ (1889 г.) и III ГКМВ (1901 г.)] |
| Время | T | секунда | s | с | Секунда есть время, равное $9\ 192\ 631\ 770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 [XIII ГКМВ (1967 г.), Резолюция 1] |
| Электрический ток (сила электрического тока) | I | ампер | A | A | Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 m один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 m силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ N [МКМВ (1946 г.)] |

Окончание прил. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------|---|---------|-----|------|--|
| Термодинамическая температура | Θ | кельвин | К | К | Кельвин есть единица термодинамической температуры, равная 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды [XIII ГКМВ (1967 г.), Резолюция 4] |
| Количество вещества | N | моль | mol | моль | Моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 kg. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц [XIV ГКМВ (1971 г.), Резолюция 3] |
| Сила света | J | кандела | cd | кд | Кандела есть сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Hz, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 W/sr [XVI ГКМВ (1979 г.), Резолюция 3] |

**Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования
и обозначения**

| Величина | | Единица | | | |
|---|-------------------------|----------------|---------------|-------------|---|
| Наименование | Размерность | Наименование | Обозначение | | Выражение через основные и производные единицы СИ |
| | | | международное | русское | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Плоский угол | 1 | радиан | rad | рад | $m \cdot m^{-1} = 1$ |
| Телесный угол | 1 | стерадиан | sr | ср | $m^2 \cdot m^{-2} = 1$ |
| Частота | T^{-1} | герц | Hz | Гц | s^{-1} |
| Сила | $LM T^{-2}$ | ньютон | N | Н | $m \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| Давление | $L^{-1} M T^{-2}$ | паскаль | Pa | Па | $m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| Энергия, работа, количество теплоты | $L^2 M T^{-2}$ | джоуль | J | Дж | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| Мощность | $L^2 M T^{-3}$ | ватт | W | Вт | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$ |
| Электрический заряд, количество электричества | T | кулон | C | Кл | $s \cdot A$ |
| Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила | $L^2 M T^{-3} I^{-1}$ | вольт | V | В | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ |
| Электрическая емкость | $L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$ | фарад | F | Ф | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$ |
| Электрическое сопротивление | $L^2 M T^{-3} I^{-2}$ | ом | Ω | Ом | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$ |
| Электрическая проводимость | $L^{-2} M^{-1} T^3 I^2$ | сименс | S | См | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$ |
| Поток магнитной индукции, магнитный поток | $L^2 M T^{-2} I^{-1}$ | вебер | Wb | Вб | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ |
| Плотность магнитного потока, магнитная индукция | $M T^{-2} I^{-1}$ | тесла | T | Тл | $kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ |
| Индуктивность, взаимная индуктивность | $L^2 M T^{-2} I^{-2}$ | генри | H | Гн | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$ |
| Температура Цельсия | Θ | градус Цельсия | $^{\circ}C$ | $^{\circ}C$ | K |
| Световой поток | J | люмен | lm | лм | cd · sr |
| Освещенность | $L^{-2} J$ | люкс | lx | лк | $m^{-2} \cdot cd \cdot sr$ |
| Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность радионуклида) | T^{-1} | беккерель | Bq | Бк | s^{-1} |
| Поглощенная доза ионизирующего излучения, керма | $L^2 T^{-2}$ | грей | Gy | Гр | $m^2 \cdot s^{-2}$ |

Окончание прил. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|-------------|--------|-----|-----|--------------------|
| Эквивалентная доза ионизирующего излучения, эффективная доза ионизирующего излучения | L^2T^{-2} | зиверт | Sv | Зв | $m^2 \cdot s^{-2}$ |
| Активность катализатора | NT^{-1} | катал | kat | кат | $mol \cdot s^{-1}$ |

Примечания

1 В таблицу включены единица плоского угла - радиан и единица телесного угла - стерadian.

2 В Международную систему единиц при ее принятии в 1960 г. на XI ГКМВ (Резолюция 12) входило три класса единиц: основные, производные и дополнительные (радиан и стерadian). ГКМВ классифицировала единицы радиан и стерadian как «дополнительные, оставив открытым вопрос о том, являются ли основными единицами или производными». В целях устранения двусмысленного положения этих единиц Международный комитет мер и весов в 1980 г. (Рекомендация 1) решил интерпретировать класс дополнительных единиц СИ как класс безразмерных производных единиц, для которых ГКМВ оставляет открытой возможность применения или неприменения их в выражениях для производных единиц СИ. В 1995 г. XX ГКМВ (Резолюция 8) постановила исключить класс дополнительных единиц в СИ, а радиан и стерadian считать безразмерными производными единицами СИ (имеющими специальные наименования и обозначения), которые могут быть использованы или не использованы в выражениях для других производных единиц СИ (по необходимости).

3 Единица катал введена в соответствии с резолюцией 12 XXI ГКМВ

Приложение 3

Примеры производных единиц СИ, наименования и обозначения которых образованы с использованием наименований и обозначений основных единиц СИ

| Величина | | Единица | | |
|----------------------------------|-------------|------------------------------|---------------|------------|
| Наименование | Размерность | Наименование | Обозначение | |
| | | | международное | русское |
| Площадь | L^2 | квадратный метр | m^2 | $м^2$ |
| Объем, вместимость | L^3 | кубический метр | m^3 | $м^3$ |
| Скорость | LT^{-1} | метр в секунду | m/s | м/с |
| Ускорение | LT^{-2} | метр на секунду в квадрате | m/s^2 | $м/с^2$ |
| Волновое число | L^{-1} | метр в минус первой степени | m^{-1} | $м^{-1}$ |
| Плотность | $L^{-3}M$ | килограмм на кубический метр | kg/m^3 | $кг/м^3$ |
| Удельный объем | L^3M^{-1} | кубический метр на килограмм | m^3/kg | $м^3/кг$ |
| Плотность электрического тока | $L^{-2}I$ | ампер на квадратный метр | A/m^2 | $А/м^2$ |
| Напряженность магнитного поля | $L^{-1}I$ | ампер на метр | A/m | А/м |
| Молярная концентрация компонента | $L^{-3}N$ | моль на кубический метр | mol/m^3 | $моль/м^3$ |
| Яркость | $L^{-2}J$ | кандела на квадратный метр | cd/m^2 | $кд/м^2$ |

Коэффициенты Стьюдента

| n | Значения Р | | | | |
|----|------------|-------|--------|--------|--------|
| | 0.6 | 0.8 | 0.95 | 0.99 | 0.999 |
| 2 | 1.376 | 3.078 | 12.706 | 63.657 | 636.61 |
| 3 | 1.061 | 1.886 | 4.303 | 9.925 | 31.598 |
| 4 | 0.978 | 1.638 | 3.182 | 5.841 | 12.941 |
| 5 | 0.941 | 1.533 | 2.776 | 4.604 | 8.610 |
| 6 | 0.920 | 1.476 | 2.571 | 4.032 | 6.859 |
| 7 | 0.906 | 1.440 | 2.447 | 3.707 | 5.959 |
| 8 | 0.896 | 1.415 | 2.365 | 3.499 | 5.405 |
| 9 | 0.889 | 1.397 | 2.306 | 3.355 | 5.041 |
| 10 | 0.883 | 1.383 | 2.262 | 3.250 | 4.781 |
| 11 | 0.879 | 1.372 | 2.228 | 3.169 | 4.587 |
| 12 | 0.876 | 1.363 | 2.201 | 3.106 | 4.437 |
| 13 | 0.873 | 1.356 | 2.179 | 3.055 | 4.318 |
| 14 | 0.870 | 1.350 | 2.160 | 3.012 | 4.221 |
| 15 | 0.868 | 1.345 | 2.145 | 2.977 | 4.140 |
| 16 | 0.866 | 1.341 | 2.131 | 2.947 | 4.073 |
| 17 | 0.865 | 1.337 | 2.120 | 2.921 | 4.015 |
| 18 | 0.863 | 1.333 | 2.110 | 2.898 | 3.965 |
| 19 | 0.862 | 1.330 | 2.101 | 2.878 | 3.922 |
| 20 | 0.861 | 1.328 | 2.093 | 2.861 | 3.883 |
| 21 | 0.860 | 1.325 | 2.086 | 2.845 | 3.850 |
| 22 | 0.859 | 1.323 | 2.080 | 2.831 | 3.819 |

Примеры обозначения классов точности

| Формула для определения пределов допускаемой основной погрешности | Пределы допускаемой основной погрешности | Обозначение класса точности | | Примечания |
|--|---|--|---------------------------------|---|
| | | в документации | на средствах измерений | |
| Абсолютная: $\Delta = \pm a$ | При измерении постоянного тока $\Delta = \pm 0,7 \text{ A}$ | Класс точности М | М | Δ - пределы допускаемой основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы; x - значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале; |
| Абсолютная: $\Delta = (a + bx)$ | При измерении линейно изменяющегося напряжения $\Delta = \pm (1 + 0,57x) \text{ мВ}$ | Класс точности С | С | \dot{a} и b - положительные числа, не зависящие от x . |
| Приведенная $\gamma = \pm p$, | $\gamma = \pm 1,5 \%$ $\gamma = \pm 0,5 \%$ | Класс точности 1,5 Класс точности 0,5 | 1,5 $\frac{0,5}{\nabla}$ | если нормирующее значение X_{\square} выражено в единицах величины на входе (выходе) средств измерений; если нормирующее значение x_N определяется длиной шкалы или ее части |
| Относительная $\delta = \pm q$ | $\delta = \pm 0,5 \%$ | Класс точности 0,5 | 0,5 | |
| Относительная $\delta = \pm \left[c + d \left(\left \frac{x_k}{x} \right - 1 \right) \right]$ | $\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left \frac{x_k}{x} \right - 1 \right) \right]$ | Класс точности 0,02/0,01 | 0,02/0,01 | x_k - больший по модулю из пределов измерений |

ОБРАЗЕЦ
ПОЛОЖЕНИЯ ОБ ОРГАНЕ ПО СЕРТИФИКАЦИИ
 система добровольной сертификации «ЗЕМСЕРТ»

 (наименование организации)

СОГЛАСОВАНО УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Руководителя Руководитель Федеральной
 службы земельного кадастра службы земельного кадастра
 Кадастра России России

 подпись фамилия инициалы

 подпись фамилия инициалы

« » 200 « » 200 г.

 М.П.

ПОЛОЖЕНИЕ

об органе по сертификации

(наименование органа по сертификации)

 Руководитель органа по сертификации

 подпись фамилия и инициалы

200 г _____

М. П.

Положение об аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий...

Библиографический список

1. Аристов А.И. Метрология, стандартизация и сертификация : / А. И. Аристов, Л. И. Карпов, В. М. Приходько, Т. М. Раковщик. - 2-е изд, испр. - М. : Академия, 2007. - 384 с. : ил.
2. Басовский Л.Е. Управление качеством : / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 212 с.
3. Герасимова, Е. Б. Метрология, стандартизация и сертификация : / Е. Б. Герасимова, Б. И. Герасимов. - М. : ФОРУМ, 2008. - 224 с. : ил.
4. Гончаров А.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Гончаров, В.Д. Копылов. - 5-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2007. - 240 с.
5. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 2-е изд. - СПб.: Питер, 2006. - 432 с.
6. Калабин Г.А. Сертификация сырья, производственных процессов и продукции по международным экологическим требованиям: Учебное пособие. – М. : ИПК РУДН, 2008. – 393 с. : ил.
7. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.
8. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт-Издат, 2004. - 330 с.
9. Метрология, стандартизация и сертификация/ В. Е. Эрстов. - М. : ФОРУМ, 2008 г.
10. Никитин В.А. Управление качеством на базе стандартов ИСО 9000: 2000. – СПб.: Питер, 2002. – 272 с
11. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : / А. Д. Никифоров. - М. : Высш. шк., 2000. - 510 с. : ил.
12. Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для бакалавров : / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 838 с. : ил.
13. Раннев, Г. Г. Методы и средства измерений : / Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2004. - 336 с. : ил.
14. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. для бакалавров : / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2013. - 838 с. : ил.
15. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2002. - 205с. :ил.

Справочная и нормативная литература

16. Конституция Российской Федерации" (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ)

17. "Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. РМГ 29-99" (введены Постановлением Госстандарта РФ от 17.05.2000 N 139-ст) (ред. от 04.08.2010)

18. Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 23.06.2014) "Об обеспечении единства измерений"

19. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. "О техническом регулировании" N 184-ФЗ (с изменениями от 9 мая 2005 г., 1 мая, 1 декабря 2007 г.)

20. Федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 23.06.2014) "О техническом регулировании"

21. "ГОСТ Р 1.0-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения" (утв. Приказом Росстандарта от 23.11.2012 N 1146-ст) (ред. от 22.11.2013)

22. "ГОСТ Р 55568-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Оценка соответствия. Порядок сертификации систем менеджмента качества и систем экологического менеджмента" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 28.08.2013 N 669-ст)

23. Постановление Правительства РФ от 06.04.2011 N 246 (ред. от 05.06.2013) "Об осуществлении федерального государственного метрологического надзора" (вместе с "Положением об осуществлении федерального государственного метрологического надзора")

24. Постановление Правительства РФ от 01.12.2009 N 982 (ред. от 20.10.2014) "Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии"

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| Лабораторная работа № 1 Физические величины и единицы их измерения | 4 |
| Лабораторная работа № 2 Многократные равноточные измерения. Обнаружение грубых погрешностей Обработка результатов..... | 8 |
| Лабораторная работа № 3 Виды средств измерений и их метрологические характеристики | 12 |
| Лабораторная работа № 4 Определение параметров и погрешностей прибора..... | 18 |
| Лабораторная работа № 5 Надежность приборов и систем..... | 20 |
| Лабораторная работа № 6 Косвенное измерение объема и плотности твёрдых тел..... | 29 |
| Лабораторная работа № 7 Изучение методов поверки и калибровки средств измерений | 34 |
| Лабораторная работа № 8 Электрические измерения неэлектрических величин | 45 |
| Лабораторная работа № 9 Государственный метрологический контроль | 49 |
| Лабораторная работа № 10 Виды стандартов и нормативных документов. Порядок разработки, внедрения и отмены стандартов | 54 |
| Приложения..... | 59 |
| Библиографический список..... | 66 |

Учебное пособие

Едаменко Алена Сергеевна
Ястребинская Анна Викторовна

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Лабораторный практикум

Подписано в печать _____. Формат 60×84/16. Усл. печ. л.. Уч-изд. л. .

Тираж экз. Заказ . Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом
университете им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46