
ГЛАВА 1. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Предмет метрологии

В РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения (с Изменениями N 1, 2) представлены основные определения, которые приведены далее. Термины, установленные данным документом, рекомендуется применять во всех видах документации, научно-технической, учебной и справочной литературе по метрологии, входящих в сферу работ по стандартизации и (или) использующих результаты этих работ.

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Теоретическая метрология – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии (иногда применяют термин фундаментальная метрология).

Законодательная метрология – раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимости точности измерений в интересах общества

Практическая (прикладная) метрология – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

Наглядно структура метрологии представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Структура метрологии

Более подробно на рисунке 1.2 представлена структура теоретической метрологии.



Рисунок 1.2 – Структура теоретической метрологии
Цели метрологии:

- повышение качества продукции через повышение эффективности производства, уровня механизации и автоматизации производственных процессов;
- учет выпускаемой продукции и материальных ресурсов;
- повышение эффективности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- повышение эффективности международного сотрудничества.

Задачи метрологии:

- развитие теории измерений;
- разработка методов и средств измерений;
- обеспечение единства измерений;
- повышение качества измерительной техники;
- своевременная аттестация измерительного оборудования;
- совершенствование нормативных документов по основным вопросам метрологии;
- обеспечение подготовки кадров по обслуживанию процессов испытаний.

Основным понятием в метрологии является измерение. Обратимся к РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения (с Изменениями N 1, 2) разделу 4 Измерения:

- **измерение (величины):** Процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине. Измерение подразумевает сравнение величин или включает счет объектов. Измерение предусматривает описание величины в соответствии с предполагаемым использованием результата измерения, методику измерений и средство измерений, функционирующее в соответствии с регламентированной методикой измерений и с учетом условий измерений.
- **измеряемая величина:** Величина, подлежащая измерению.
- **объект измерения:** Материальный объект или явление, которые характеризуются одной или несколькими измеряемыми и влияющими величинами.

Пример Вал, у которого измеряют диаметр; технологический процесс, во время которого измеряют температуру; спутник Земли, координаты которого измеряются или с помощью которого измеряют координаты местоположения объекта на Земле. Это все объекты измерения.

- **принцип измерений:** Явление материального мира, положенное в основу измерения.

Примеры 1. Применение эффекта Джозефсона для измерения электрического напряжения. 2. Применение эффекта Пельтье для измерения поглощенной энергии ионизирующих излучений. 3. Применение эффекта Доплера для измерения скорости. 4. Использование гравитационного притяжения при измерении массы взвешиванием. 5. Энергия абсорбции, которая служит для измерения молярной концентрации.

• **метод измерений:** Прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей или соотнесения со шкалой в соответствии с реализованным принципом измерений.

На рисунке 1.3 представлена классификация методов измерений



Рисунок 1.3 – Классификация методов измерений

• **метод сравнения (с мерой):** Метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Пример Измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями (мерами массы с известными значениями).

Основные элементы процесса измерения свойств объекта представлены на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Основные элементы процесса измерения свойств объекта

1.2. Физические свойства и величины

Все объекты окружающего мира характеризуются своими свойствами. *Свойство* – философская категория, которая выражает некую сторону объекта (явления, процесса), обуславливающую его различие или общность с другими объектами (явлениями, процессами) и обнаруживающаяся в его отношениях к ним. Свойство – это каественная категория. Понятие величины необходимо ввести, чтобы количественно описать различные свойства процессов и физических тел. *Величина* – это свойство чего-либо, которое может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно. Величина не существует сама по себе, имеет место лишь постольку, поскольку существует объект со свойствами, выраженными данной величиной.

Обратимся к РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения (с Изменениями N 1, 2) разделу 3 Физические величины:

- **физическая величина (ФВ):** Одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

В «Международном словаре основных и общих терминов метрологии» (VIM-93) применено понятие величина (измеримая), раскрываемое как «характерный признак (атрибут) явления, тела или

вещества, которое может выделяться качественно и определяться количественно».

- **измеряемая физическая величина:** Физическая величина, подлежащая измерению, измеряемая или измеренная в соответствии с основной целью измерительной задачи.
 - **размер физической величины:** Количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу.
 - **значение физической величины:** Выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.
 - **числовое значение физической величины:** Отвлеченное число, входящее в значение величины
 - **истинное значение физической величины:** Значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину. Истинное значение физической величины может быть соотнесено с понятием абсолютной истины. Оно может быть получено только в результате бесконечного процесса измерений с бесконечным совершенствованием методов и средств измерений.
 - **действительное значение физической величины:** Значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.
 - **физический параметр:** Физическая величина, рассматриваемая при измерении данной физической величины как вспомогательная. При оценивании качества продукции нередко применяют выражение измеряемые параметры. Здесь под параметрами, как правило, подразумевают физические величины, обычно наилучшим образом отражающие качество изделий или процессов
- Пример** При измерении электрического напряжения переменного тока частоту тока рассматривают как параметр напряжения. При измерении мощности поглощенной дозы рентгеновского излучения в некоторой точке поля этого излучения напряжение генерирования излучения часто рассматривают как один из параметров этого поля.
- **влияющая физическая величина:** Физическая величина, оказывающая влияние на размер измеряемой величины и (или) результат измерений.

Объекты измерений характеризуются такими свойствами как нагретость, протяженность, длительность, инертность, вкус, консистенция, запах.

Эти свойства называются физическими величинами (рисунок 1.5).

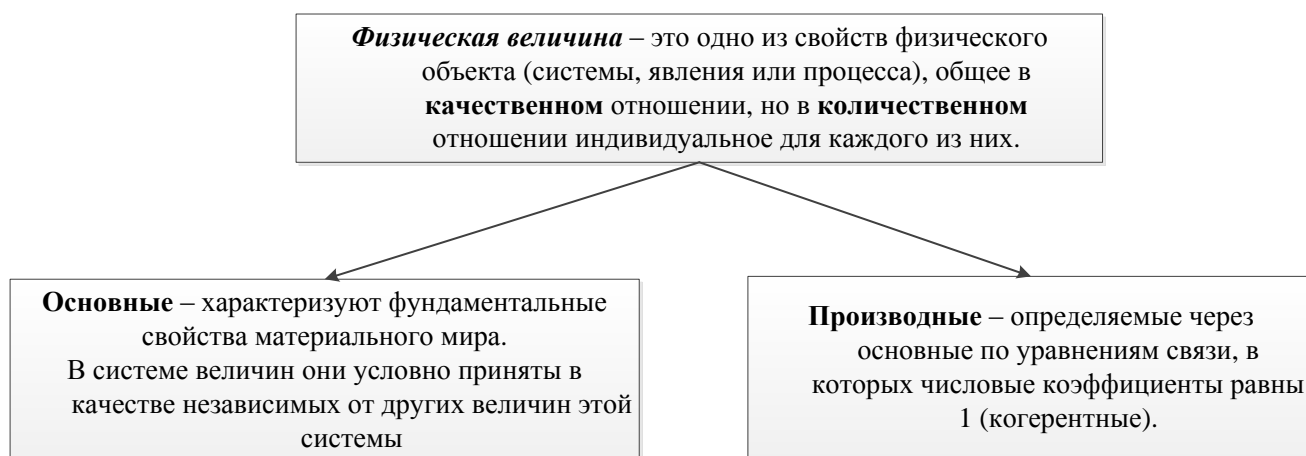


Рисунок 1.5 – Физическая величина

Результат анализа величин представлен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Классификация величин

1.2.1. Качественная характеристика измеряемых величин

Формализованным отражением качественного различия между измеряемыми физическими величинами служит их *размерность*. Размерность обозначается символом dim , происходящим от слова *dimension*.

Размерность физической величины $dim Q$ – выражение в форме степенного многочлена, составленного из произведений символов основных физических величин в различных степенях и отражающее связь

данной ФВ с ФВ, принятыми в данной системе за основные с коэффициентом пропорциональности, равным 1: $\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\eta \dots$, где $L, M, T, I \dots$ – размерности соответствующих основных ФВ; $\alpha, \beta, \gamma, \eta \dots$ – *показателем размерности*. Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным числом, нулём. Если все показатели размерности равны нулю, то такую величину называют *безразмерной*. Она может быть относительной, определяемой как отношение одноимённых величин (например, относительная диэлектрическая проницаемость), или логарифмической, определяемой как логарифм относительной величины (например, логарифм отношения мощностей или напряжений).

При определении размерности производных ФВ руководствуются следующими правилами [32]:

1. Размерности левой и правой частей уравнения равны между собой.
2. Алгебра размерностей мультипликативна, т.е. состоит всего лишь из двух действий – умножения и деления.
3. Размерность произведения нескольких величин равна произведению их размерностей. Так, если зависимость между величинами имеет вид $Q = A \cdot B \cdot C$, то

$$\dim Q = \dim A \cdot \dim B \cdot \dim C.$$

4. Размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей, т.е. если $Q = \frac{A}{B}$, то

$$\dim Q = \frac{\dim A}{\dim B}.$$

5. Размерность любой величины, возведенной в степень, равна её размерности в той же степени. Так, если $Q = A^n$, то

$$\dim Q = \prod_1^n \dim A = \dim^n A.$$

Размерность является качественной характеристикой измеряемой величины. Она отражает её связь с основными ФВ и зависит от выбора последних. Как указывал М. Планк, вопрос об истинной размерности любой величины «имеет не более смысла, чем вопрос об истинном названии какого-нибудь предмета». По этой причине во многих гуманитарных науках, где номенклатура и связь основных и производных измеряемых величин ещё не определены, теория размерностей не находит пока эффективного применения. В физике, напротив, методами теории размерностей удается получать важные самостоятельные результаты. Применение анализа симметрий размерностей физических величин позволяет иногда определить неизвестную зависимость между ФВ. Эта проблема достаточно подробно рассмотрена в монографии [16].

1.2.2. Количественная характеристика измеряемых величин

В метрологии для установления различий в количественном содержании свойства для каждого объекта, которое отображается физической величиной, были введены понятия ее размера и значения.

Количественной характеристикой любого свойства служит *размер*.

Размер – это объективная количественная характеристика, которая не зависит от выбора единиц измерений. Например, 1000 мг; 1 г; 0,001 кг – три варианта представления одного и того же размера. Каждый из них является *значением* физической величины (в данном случае – массы) – выражением размера в тех или иных единицах измерений.

Значение физической величины – это выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

Значение физической величины Q можно представить в виде произведения:

$$Q = q[Q], \quad (1.1)$$

где q – отвлечённое число, которое называется *числовым значением*, а $[Q]$ – *размер единицы* измерения данной ФВ. Значение ФВ можно найти с поощью измерения или вычисления в соответствии с *основным уравнением измерения* (1.1). Из данных примеров видно, что значение, как и размер, от выбора единиц не зависит, в отличие от числового значения. Для одного и того же размера числовое значение тем меньше, чем больше единица измерения (и наоборот), так что произведение в правой части основного уравнения измерения (1.1) остается постоянным.

Единица физической величины – это ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице. Она применяется для количественного выражения однородных ФВ.

Размер единицы физической величины – количественная определенность единицы физической величины, воспроизводимой или хранимой средством измерений.

Схема передачи размера единицы физической величины представлена на рисунке 1.7.

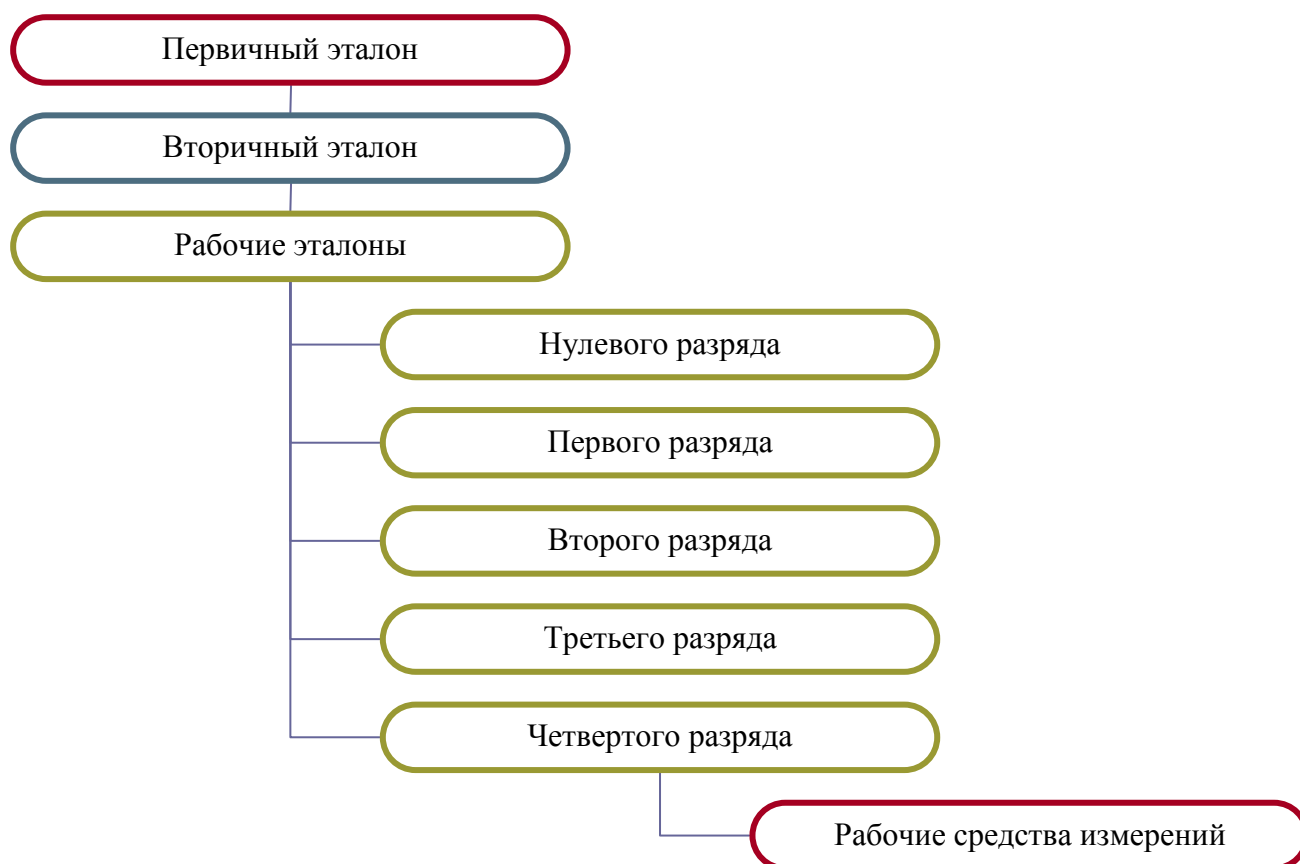


Рисунок 1.7 - Схема передачи размера единицы физической величины

Не следует для выражения количественных соотношений применять словосочетания типа «величина массы», «величина длины», т.к. масса и длина сами являются величинами. Не принято говорить «размер массы (длины, силы, ...)», «значение массы (длины, силы, ...)», говорят просто «масса (длина, сила, ...)».

Из-за зависимости числовых значений от размеров единиц ФВ, роль последних очень велика. Если допустить произвол в выборе единиц, то результаты измерений будут несопоставимы между собой, т.е. нарушится **единство измерений**. Чтобы этого не произошло, единицы измерений устанавливаются по определённым правилам и закрепляются законодательным путём. Наличие законодательной метрологии отличает метрологию от других естественных наук (физики, химии и др.) и направлено на обеспечение **единства измерений**.

В соответствии с ГОСТ Р 8.000-2015 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Основные положения

- **обеспечение единства измерений:** Деятельность, направленная на установление и применение научных, правовых, организационных и технических основ, правил, норм и средств, необходимых для достижения состояния измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин или в значениях по

установленным шкалам измерений, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

Цели:

- охрана прав и законных интересов граждан и установленного правопорядка и экономики;
- содействие экономическому и социальному развитию страны;
- защита от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений во всех сферах жизни общества.

• **система обеспечения единства измерений:** Совокупность субъектов, норм, средств и видов деятельности, предназначенная для обеспечения единства измерений.

• **сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений:** Сфера деятельности, в которой управление субъектами, нормами, средствами и видами деятельности по обеспечению единства измерений в Российской Федерации осуществляется на основании нормативных правовых документов, принятых в установленном порядке.

• **метрологическое обеспечение познавательной, производственной деятельности и деятельности по оказанию услуг (метрологическое обеспечение):** Систематизированный набор средств и методов, направленных на получение информации о величинах, характеризующих свойства материальных объектов, обладающей* свойствами, необходимыми для выработки решений по приведению объекта управления в целевое состояние.

• **метрологическая служба:** Структурное подразделение центрального аппарата федерального органа исполнительной власти и (или) его территориального органа, юридическое лицо или структурное подразделение юридического лица либо объединения юридических лиц, работники юридического лица, индивидуальный предприниматель, организующие и (или) выполняющие работы и оказывающие услуги по обеспечению единства измерений и (или) в области метрологического обеспечения.

На рисунке 1.8 представлена классификация ГСИ.

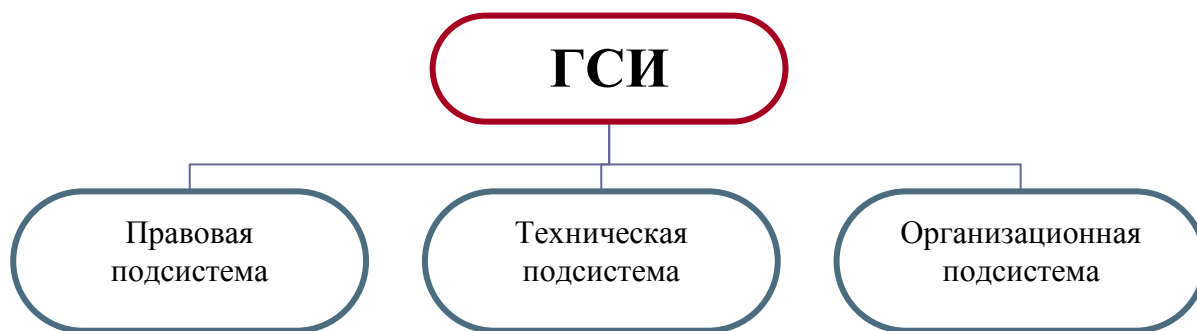


Рисунок 1.8 – Классификация ГСИ

Правовая подсистема ГСИ

Комплекс взаимосвязанных законодательных и подзаконных актов, устанавливающих согласованные требования к взаимосвязанным объектам деятельности по обеспечению единства измерений:

- Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений»
- комплекс национальных и межгосударственных стандартов ГСИ (ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин)
- Стандарты на средства измерений (эталоны) и методики выполнения измерений
- Правила, нормы и рекомендации по метрологии.

Техническая подсистема ГСИ

ВКЛЮЧАЕТ:

- межгосударственные и государственные эталоны;
- стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов;
- стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов;
- средства измерений и испытательное оборудование, необходимое для осуществления метрологического контроля и надзора;
- специальные здания и сооружения для проведения высокоточных измерений в метрологических целях;
- научно-исследовательские, эталонные, испытательные, поверочные, калибровочные и измерительные лаборатории и их оборудование.

Организационная система ГСИ



1.3. Измерительные шкалы

1.3.1. Способы получения измерительной информации

Согласно [24] **измерение физической величины** – это совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

В этом определении учтена техническая сторона (совокупность операций), раскрыта метрологическая суть измерений (сравнение с единицей) и показан гносеологический аспект (получение значения величины). В тех случаях, когда невозможно выполнить измерение (не выделена величина как физическая и не определена единица измерений этой величины) практикуется *оценивание* таких величин по условным шкалам.

Суть измерения заключается в *сравнении*. Не существует иного способа получения информации о размере ФВ, кроме как путем сравнения его с другим размером такой же физической величины, т.е. имеющей такую же размерность. *Измерение суть сравнение размеров опытным путем*. Сравнение размеров опытным путем является единственным способом получения измерительной информации. При этом не уточняется, каким образом происходит сравнение размеров одноименных физических

величин, с помощью каких приспособлений или даже может быть без них. Просто утверждается, что другого способа нет.

Вариантов сравнения между собой двух размеров Q_i и Q_j всего три [33]:

$$Q_i > Q_j; \quad (1.2)$$

$$Q_i - Q_j = \Delta Q_{ij}; \quad (1.3)$$

$$\frac{Q_i}{Q_j} = x_{ij}. \quad (1.4)$$

Первый из них – самый простой. Экспериментальное решение неравенства (1.2) позволяет ответить на вопрос: какой из двух размеров больше другого (либо они равны), но ничего не говорит о том, *на сколько* больше, или *во сколько раз*. Это наименее информативное измерение. Однако более полная измерительная информация иногда даже не требуется. Так, например, на рисунке 1.9 показан вариант сравнения массы двух изделий с помощью равноплечего коромысла. Результат измерения убедительно свидетельствует о том, что первое изделие тяжелее второго. В некоторых случаях этого вполне достаточно.

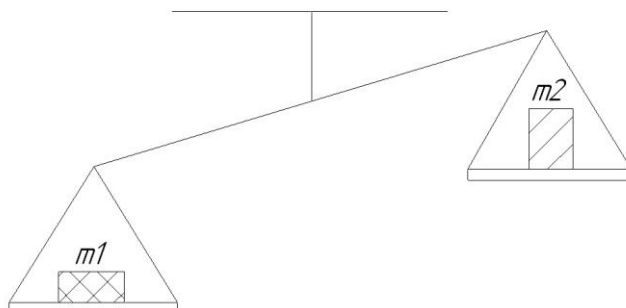


Рисунок 1.9 – Сравнение массы двух изделий

Более информативно сравнение по правилу (1.3). Оно позволяет получить ответ на вопрос о том, *на сколько* один размер больше или меньше другого (в частном случае они могут оказаться равными). Так, например, подсыпая песок на правую чашку весов (см. рисунок 1.9), можно добиться того, что коромысло уравновесится. Тогда можно будет сказать, что масса первого изделия больше массы второго на массу песка Δm в правой чашке. А вот сказать, *во сколько раз* больше, по-прежнему будет нельзя.

Для того чтобы ответить на вопрос, *во сколько раз* один размер больше или меньше другого (в частном случае они могут оказаться и равными), нужно сравнить размеры между собой по правилу (1.4), т.е. посмотреть, сколько раз j -й размер укладывается в i -м. Это будет означать, что j -й размер выступает в качестве единицы измерения, а к единицам измерений предъявляются совершенно определённые требования. В частности, для обеспечения единства измерений они должны быть установлены по определённым правилам и закреплены законодательным

путём. Следовательно, измерение по правилу (1.4) представляет собой сравнение неизвестного размера $Q_i = Q$ с узаконенной единицей измерения $Q_j = [Q]$, с целью определения числового значения q измеряемой физической величины, которое показывает, *во сколько раз* неизвестный размер больше размера единицы, или *на сколько* единиц он больше нуля.

Таким образом, последняя разновидность способа сравнения является самой информативной. Она позволяет определить *значение измеряемой физической величины* Q , т.е. выразить её размер в общепринятых (узаконенных) единицах в кратном или дольном отношении, и отвечает на вопрос, *во сколько раз* или *на сколько* (единиц) один размер больше (меньше) другого.

В практической деятельности необходимо проводить измерения различных величин, характеризующих свойства тел, веществ, явлений и процессов. Некоторые свойства проявляются только качественно, другие – количественно. Многообразные проявления (количественные или качественные) любого свойства образуют множества, отображения элементов которых на упорядоченное множество чисел или в более общем случае условных знаков образуют *шкалы измерения* этих свойств. Шкала измерений количественного свойства является шкалой физической величины.

Шкала физической величины представляет собой упорядоченную совокупность значений этой величины, принятую по соглашению на основании результатов точных измерений.

Согласно теории измерений измерение трактуется как *отображение* элементов *эмпирической* системы с отношениями (совокупность объектов, их свойств и отношений) на элементы *абстрактной* системы с отношениями (совокупность оценок и правил их образования), осуществляемое по определенной системе *правил соотнесения* эмпирической и абстрактной систем (совокупность правил и процедур оценивания).

Совокупность правил, позволяющих выполнить такое сопоставление эмпирической системы отношений в числовую систему отношений, называется **шкалой**.

В соответствии с логической структурой проявления свойств в теории измерений различают пять основных типов шкал измерений: две – неметрические шкалы (шкала наименований и шкала порядка) и три – метрические шкалы (шкала интервалов, отношений и абсолютные шкалы).

1.3.2. Неметрические шкалы

Шкала наименований (шкала классификации). Такие шкалы используются для классификации эмпирических объектов, свойства

которых проявляются только в отношении эквивалентности (совпадения или несовпадения). Эти свойства нельзя считать физическими величинами, поэтому шкалы такого вида не являются шкалами физических величин. Это самый простой тип шкал, основанный на приписывании качественным свойствам объектов чисел, играющих роль имен. Условные номера в качестве имен присваиваются по следующему правилу: нельзя присваивать одно имя (число) двум разным объектам. Поскольку числа характеризуются только отношениями эквивалентности, то в них отсутствует понятие нуля, «больше» или «меньше» и единицы измерения.

Номинальное измерение является *качественным* измерением. Единственный факт, существенный при номинальных измерениях, заключается в том, что одинаковым характеристикам, состояниям и явлениям присваиваются одни и те же метки, а различным характеристикам – разные. Сущностью такого измерения является безусловный смысл равенства и неравенства. Процедура присвоения ограничена лишь тем, что одно имя можно присвоить лишь одному объекту (классу).

Примером номинального измерения в технических науках служит целый класс измерений, осуществляемых системами обнаружения. Эти системы конструируются так, чтобы результат их действия был двоичным. Системы пожарной сигнализации вырабатывают сигнал «пожара нет», когда температура ниже определенного значения, и сигнал «пожар», когда температура превышает это значение. В этом случае отношение в эмпирической системе для номинального измерения – тождество. Номинальное измерение не может указать, какое из событий или явлений больше или меньше. Все, что можно определить, это «случилось» или «не случилось». Если число возможных исходов больше двух, то номинальное измерение может указать, какое именно событие произошло. Например, цвет любой вещи можно определить по названию подходящего цвета в атласе цветов, предназначенном для идентификации цвета.

Кроме того, с помощью номинального измерения осуществляют классификацию, которая существует во многих разновидностях: например, с помощью диагностических средств классифицируют болезнь, также классифицируют флору, фауну, проводят контроль изделий (классификация на годные и бракованные), осуществляют сложную процедуру распознавания образов и т.д. Номинальная шкала, используемая для классификации, называется *шкалой классификации*. При классификации существенно лишь то, что единственное отношение в системе объектов, передаваемое шкалой классификации, – это отношение эквивалентности. Так, все годные изделия эквивалентны в том смысле, что могут быть использованы.

Шкала порядка (шкала рангов). Результат экспериментального решения неравенства (1.2) может быть представлен на *шкале порядка*, являющейся упорядоченной последовательностью опорных (*реперных*)

точек, обозначаемых буквами, цифрами или символами и соответствующих размерам $Q_1 < Q_2 < Q_3 < Q_4 \dots < Q_n$, о каждом из которых известно, что он больше предыдущего, но меньше последующего, хотя сами размеры неизвестны (рис. 1.3.). Шкала является монотонно изменяющейся и позволяет установить отношение «больше – меньше» между величинами, характеризующими это свойство. Если для обозначения реперных точек используются цифры, то они называются *баллами*. Обозначения нельзя ни складывать, ни вычитать, ни делить, ни перемножать.

На шкале порядка не определены никакие математические операции. В то же время, если один размер по шкале порядка меньше другого, а последний в свою очередь меньше третьего, то и первый размер меньше третьего. Т.е. для любых чисел a, b и c таких, что $a < b$ и $b < c$, справедливо соотношение $a < c$ (транзитивность). Эти свойства *транзитивности* означают, что на шкалах порядка определены (т.е. могут выполняться) *логические операции*.

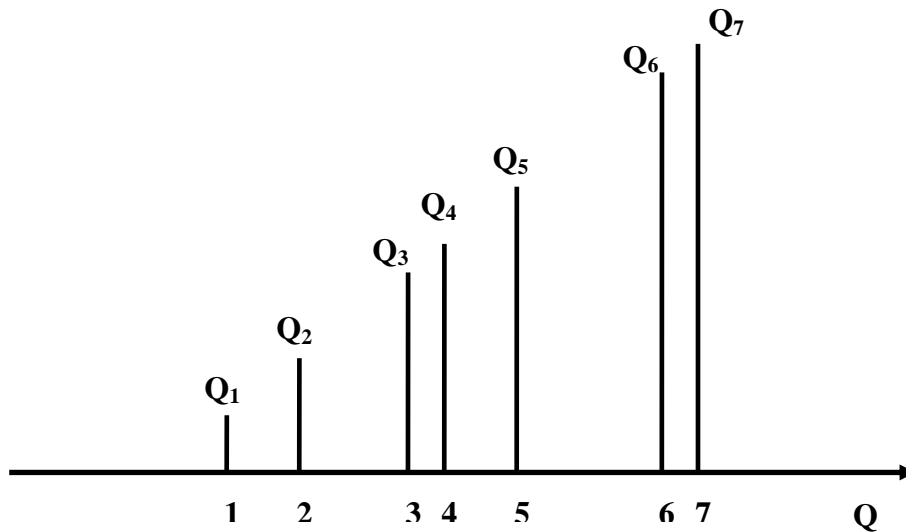


Рисунок 1.10 – Построение шкалы порядка

Так как размеры, которым соответствуют реперные точки, неизвестны, то бессмысленно говорить о масштабе на шкале порядка. По шкалам порядка не только нельзя определить, чему равен измеряемый размер Q_i , но и невозможно сказать, на сколько (или во сколько раз) он больше или меньше размера Q_j . В шкалах порядка принципиально невозможно ввести единицы измерения, так как для них не установлено отношение пропорциональности. Хотя нуль может и существовать.

Тем не менее, в областях, где к измерительной информации не предъявляются высокие требования, шкалы порядка применяются довольно широко. В промышленности, например, для измерений по

шкалам порядка используются шаблоны. В образовательных учреждениях по шкале порядка измеряются знания учащихся (таблица 1.1):

Таблица 1.1 – Шкала оценок знаний учащихся

Российские оценки	ECTS	Смысловое содержание оценки
5	A	«отлично»
4	B	«очень хорошо»
	C	«хорошо»
3	D	«удовлетворительно»
	E	«посредственно»
2	FX	«неудовлетворительно» (с правом пересдать)
*	F	«неудовлетворительно» (без права пересдать)

При одномерной шкале порядок должен быть линейным: все объекты должны поддаваться выстраиванию в цепочку по какому-либо признаку (некоторые из них могут занять одно и то же место в цепочке – быть эквивалентными). Так, студенты после экзамена разбиваются на классы получивших оценки 2, 3, 4 и 5 в порядке роста их знаний, но для экзаменатора и внутри этих классов есть различия. Здесь существенно, что более знающему студенту присваивается большее число, и переставлять эти числа уже нельзя. Правда, можно договориться о другом порядке оценок, но это изменит всю систему. Так, суждения о студентах не изменились бы, если бы вместо оценок 2, 3, 4 и 5 ставились 5, 10, 20 и 35 (мог бы измениться средний балл, но это потому, что средний балл является так называемой неадекватной статистикой для шкалы порядка).

Группа допустимых преобразований для шкалы порядка должна уничтожать пропорциональность (ведь знания, оцененные на 4, нельзя считать вдвое более обширными или глубокими, чем знания, оцененные на 2) и отношение «быть суммой» (получить 2 и 3 – не то же, что получить 5), сохраняя лишь отношения большего и меньшего.

Итак, порядковое измерение занимает нижнюю ступень в *количественных* измерениях. Упорядочение в шкале порядка может осуществляться по внешним признакам – нумерация – или по внутренним свойствам – ранжирование. Пример первой процедуры – нумерация мест в театре, домов, исследуемых образцов, промышленных изделий и т.д. Примеры второй процедуры – ранжирование силы ветра (волнения) на море (12-балльная шкала Бофорта для силы морского ветра) (таблица 1.2), ранжирование силы землетрясений (шкала Рихтера), шкала вязкости Энглера, ранжирование твердости минералов (шкала Мооса).

Таблица 1.2 – Шкала Бофорта для измерения силы ветра

Балл	Название	Признак
0	Штиль	Дым идёт вертикально
1	Тихий	Дым идёт слегка наклонно
2	Лёгкий	Ощущается лицом, шелестят листья
3	Слабый	Развеваются флаги
4	Умеренный	Поднимается пыль
5	Свежий	Вызывает волны на воде
6	Сильный	Свистит в вантах, гудят провода
7	Крепкий	На волнах образуется пена
8	Очень крепкий	Трудно идти против ветра
9	Шторм	Срывает черепицу
10	Сильный шторм	Вырывает деревья с корнем
11	Жестокий шторм	Большие разрушения
12	Ураган	Опустошительное действие

Широкое распространение получили шкалы порядка с нанесенными на них реперными точками. К таким шкалам относится шкала Мооса для определения твердости минералов (таблица 1.3). В ней определенным стандартным минералам от талька до алмаза в порядке возрастания их твердости присвоены целые числа от 1 до 10.

Таблица 1.3 – Минералогическая шкала твёрдости

Балл	Твёрдость
0	Меньше твёрдости талька
1	Равна или больше твёрдости талька, но меньше твёрдости гипса
2	Равна или больше твёрдости гипса, но меньше твёрдости известкового шпата
3	Равна или больше твёрдости известкового шпата, но меньше твёрдости плавикового шпата
4	Равна или больше твёрдости плавикового шпата, но меньше твёрдости апатита
5	Равна или больше твёрдости апатита, но меньше твёрдости полевого шпата
6	Равна или больше твёрдости полевого шпата, но меньше твёрдости кварца
7	Равна или больше твёрдости кварца, но меньше твёрдости топаза
8	Равна или больше твёрдости топаза, но меньше твёрдости корунда
9	Равна или больше твёрдости корунда, но меньше твёрдости алмаза
10	Равна твёрдости алмаза или больше её

Определение значений величин с помощью шкал порядка нельзя считать измерениями, так как на них отсутствуют единицы измерения. Операцию по приписыванию числа требуемой величине следует считать оцениванием. Оценивание по шкалам порядка является неоднозначным и весьма условным.

1.3.3. Метрические шкалы

Шкала интервалов (шкала разностей). Данные шкалы являются дальнейшим развитием шкал порядка и относятся уже к метрическим шкалам. Шкала состоит из одинаковых интервалов, имеет единицу измерения и произвольно выбранное начало – нулевую точку. На шкалах интервалов по сравнению с неметрическими шкалами установлен масштаб.

Шкала интервалов представляет собой результат экспериментального сравнения i -го размера с j -м, проведенный по правилу (1.3). Пример построения шкалы интервалов приведен на рисунке 1.11, где в качестве j -го размера выбран третий. Если бы для сравнения были выбраны четвертый или пятый размеры, то нуль сместился бы выше по шкале интервалов; если бы второй или первый – ниже.

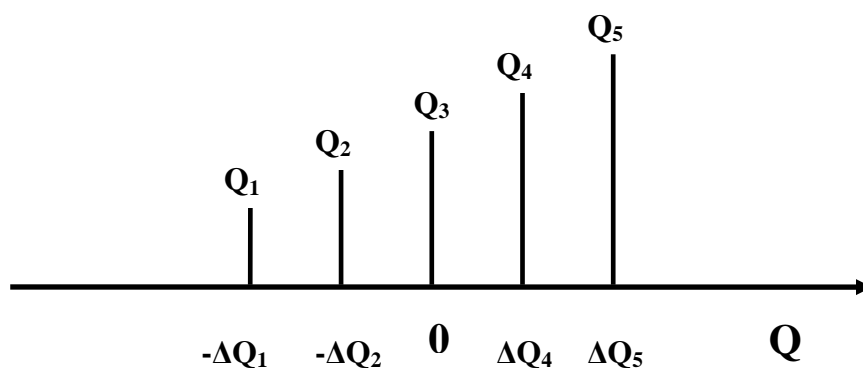


Рисунок 1.11 – Построение шкалы интервалов

Таким образом, начало отсчёта на шкале интервалов не определено и зависит от выбора размера, с которым производится сравнение. Для обеспечения единства измерений этот размер должен быть общепринятым или установленным законодательно.

Шкала интервалов величины Q описывается уравнением $Q = Q_0 + q[Q]$, где q – числовое значение величины; Q_0 – начало отсчета шкалы; $[Q]$ – единица данной величины. Такая шкала полностью определяется заданием начала отсчета Q_0 и единицы данной величины $[Q]$. Выбираются два размера Q_0 и Q_1 величины, которые относительно просто реализованы физически в наиболее чистом виде. Эти размеры называются опорными точками, или основными реперами, а интервал $(Q_1 - Q_0)$ – основным интервалом. Точка Q_0 принимается за начало

отсчета, а величина $(Q_1 - Q_0)/n = [Q]$ за единицу Q . При этом n выбирается таким, чтобы $[Q]$ было целой величиной.

Перевод одной шкалы интервалов $Q = Q_{01} + q_1[Q]_1$ в другую $Q = Q_{02} + q_2[Q]_2$ проводится по формуле:

$$q_2 = \frac{(q_1 - (Q_{02} - Q_{01})/[Q]_1)[Q]_1}{[Q]_2}.$$

К шкалам интервалов относится летоисчисление по различным календарям, в которых за начало отсчета принято либо сотворение мира (юлианский календарь), либо рождество Христово (григорианский календарь). Температурные шкалы также являются шкалами интервалов. Так, например, по температурным шкалам Цельсия и Реомюра первая опорная точка или начало отсчета – температура таяния льда, по шкале Фаренгейта – температура смеси льда с солью и нашатырём, по шкале Кельвина – температура, при которой прекращается тепловое движение молекул (рисунок 1.12).

Второй опорной точкой на трёх температурных шкалах (Цельсия, Реомюра, Фаренгейта) является температура кипения воды при номинальном значении атмосферного давления.

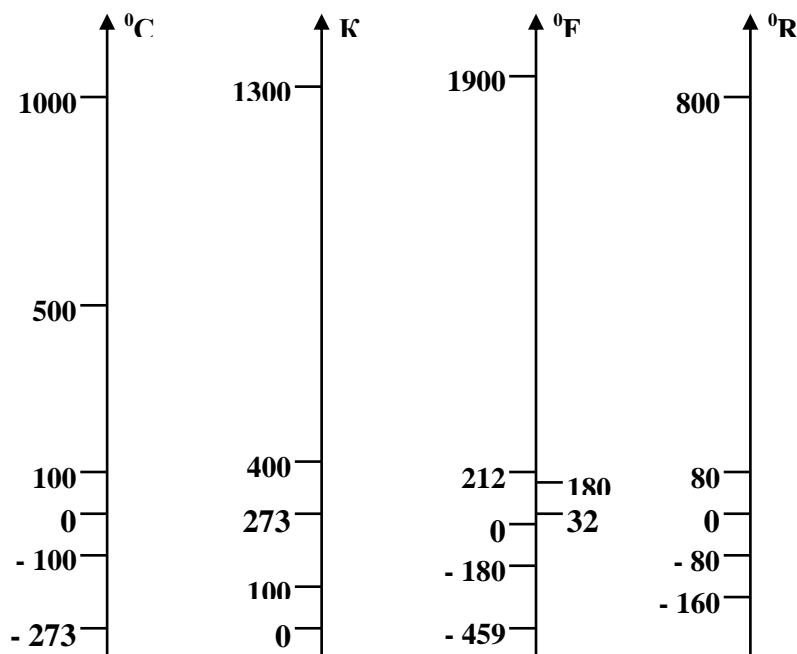


Рисунок 1.12 Температурные шкалы Цельсия (°C), Кельвина (°K), Фаренгейта (°F) и Реомюра (°R)

На шкале Цельсия интервал между опорными точками разбит на 100 градусов – *градусов*; на шкале Реомюра – на 80; на шкале Фаренгейта – на 180. При этом на шкале Фаренгейта, по сравнению с предыдущими шкалами, начало отсчёта сдвинуто на 32°F в сторону низких температур (т.е. на шкале Фаренгейта температура тающего льда соответствует +32°F,

а температура кипящей воды составляет $+212^{\circ}\text{F}$, температура человеческого тела $+96^{\circ}\text{F}$). Таким образом, единицы измерения температуры в шкале Цельсия и Фаренгейта различаются. Градус Фаренгейта в 1,8 раза меньше градуса Цельсия. Шкалой Фаренгейта до настоящего времени пользуются в США. Пересчет значения температуры из одной шкалы в другую осуществляется по формуле:

$$t^{\circ}\text{C} = 5/9(h^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$h^{\circ}\text{F} = 9/5(t^{\circ}\text{C} + 32)$$

На шкале Кельвина в качестве второй опорной точки выбрана температура таяния льда, а интервал между реперными точками разбит на 273,16 частей с тем, чтобы одна такая часть, называемая Кельвином, в точности равнялась 1°C ($1^{\circ}\text{C} = 1^{\circ}\text{K}$). Это значительно упрощает переход от одной шкалы к другой.

Градации являются единицами измерений *интервалов* между размерами, но не самих размеров физических величин. В качестве градаций могут использоваться и узаконенные единицы измерений физических величин. Выражение интервала в тех или иных единицах измерений называется его *значением*. Интервалы можно сравнивать между собой двумя способами, во-первых, по принципу, *на сколько* один интервал больше или меньше другого, во-вторых, по принципу – *во сколько раз*. Что же касается размеров физических величин, то по шкале порядка можно получить только информацию о том, на сколько один размер больше или меньше другого. Если, например, второй размер больше первого на семь градаций, а третий меньше второго на две, то первый меньше третьего на пять градаций.

На шкале интервалов определены только аддитивные математические операции. Получить информацию о том, *во сколько раз* один размер больше другого, по шкале интервалов невозможно. Для этого нужно знать сами размеры, сведений о которых на шкале интервалов нет.

Шкала отношений. *Шкала отношений* служит для представления результатов измерений, полученных посредством экспериментального сравнения i -го размера с j -м по правилу (1.4).

В этих шкалах существует однозначный естественный критерий нулевого количественного проявления свойства и единица измерений, установленная по соглашению. С формальной точки зрения эта шкала является шкалой интервалов с естественным началом отсчета. К значениям, полученным по шкале отношений, применимы все арифметические действия, что имеет важное значение при измерении физических величин. Шкалы отношений являются самыми совершенными. Они описываются уравнением $Q = q[Q]$, где Q – физическая величина, для которой строится шкала, $[Q]$ – ее единица измерения, q – числовое значение физической величины.

Шкалы отношений являются самыми совершенными, самыми информативными и самыми распространёнными. На них представлена

информация о самих размерах физических величин, в частности – об их значениях. Это позволяет решать и на сколько, и во сколько раз один размер больше или меньше другого.

На шкалах отношений определены любые математические операции.

Переход от одной шкалы отношений к другой происходит в соответствии с уравнением

$$q_2 = \frac{q_1 [Q]_1}{[Q]_2}$$

Абсолютные шкалы. Процесс ужесточения (усиления) шкал приводит к понятию *абсолютной* шкалы, которая устанавливает однозначное (единственно возможное) соответствие между объектами и числами. Иначе говоря, абсолютные шкалы обладают всеми признаками шкал отношений, но дополнительно имеют естественное однозначное определение единицы измерения и соответственно не зависят от принятой системы единиц измерения.

Абсолютная шкала может использоваться для измерения *относительных величин*. Действительно, такие величины, как коэффициент усиления или затухания, коэффициент трения, коэффициент полезного действия, добротность колебательной системы, вероятность, относительная частота появления события в серии испытаний и т. п., выражаются отвлеченными числами, не зависящими от выбора единиц, а при измерении этих величин не требуется эталонов. Свойствами относительных величин обладают также геометрические и фазовые углы. Относительные величины могут выражаться в безразмерных единицах (когда отношение двух одноименных величин равно 1), в процентах % (когда отношение равно 10^{-2}), промилле ‰ (отношение равно 10^{-3}) или в миллионных долях ppm (отношение равно 10^{-6}).

Особый интерес представляет группа величин с ограниченными шкалами (такие, как коэффициент полезного действия, вероятность). Их значения могут находиться только в пределах от 0 до 1, причем конечные точки этого диапазона физически как бы бесконечно удалены, недостижимы (на практике это обстоятельство вынуждает перейти к логарифмическим оценкам вблизи этих точек).

Логарифмическая величина представляет собой логарифм безразмерного отношения двух одноименных физических величин. Логарифмические величины применяют для выражения уровня звукового давления, усиления, ослабления, выражения частотного интервала и т.д. Единицей логарифмической величины является бел (Б), определяемый соотношением $1\text{Б} = \lg \frac{P_2}{P_1}$ при $P_2 = 10P_1$, где P_1 и P_2 – одноименные

энергетические величины мощности, энергии, плотности энергии и т.д. В случае, если берется логарифмическая величина для отношения двух

«силовых» величин (напряжения, силы тока, давления, напряженности поля и т.п.), бел определяется по формуле $1\text{Б} = 2\lg \frac{F_2}{F_1}$ при $F_2 = \sqrt{10}F_1$. Дольной единицей от бела является децибел, равный 0,1 Б.

1.4. Системы физических величин и единиц. Международная система единиц (система СИ)

По степени условной независимости от других величин данной группы ФВ делятся на *основные* (условно независимые), *производные* (условно зависимые) и *дополнительные*. Основные величины выбираются обосновано, но в общем произвольным образом. Производные величины выражаются через основные на основе известных уравнений связи между ними.

Совокупность основных и производных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется **системой единиц ФВ**. Единица основной ФВ в данной системе является *основной единицей системы*.

Действующая в настоящее время «Международная система единиц» (сокращенное обозначение система СИ (SI) «система интернациональная») была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 г. Система СИ – единственная система единиц ФВ, которая принята и используется в большинстве стран мира. Система СИ состоит из 7 основных, 2 дополнительных и ряда производных единиц. Наименования основных и дополнительных единиц ФВ приведены в таблице 1.4.

На территории нашей страны система единиц СИ действует с 1 января 1982 г. в соответствии с ГОСТ 8.417–2002 «ГСИ. Единицы физических величин». Она возникла не на пустом месте и является логическим развитием предшествовавших ей систем единиц: СГС (основные единицы: сантиметр – грамм – секунда), МКГСС (основные единицы: метр – килограмм-сила – секунда), МКС (основные единицы: метр – килограмм – секунда) и др.

Таблица 1.4 – Основные и дополнительные единицы ФВ системы СИ

№ п/п	Физическая величина			Единица измерения ФВ		
	Наименование	Размер- ность	Рекомендуемое Обозначение	Наименование	Обозначение русское	между- народное
О с н о в н ы е						
1	Длина	L	L	Метр	м	M
2	Масса	M	M	килограмм	кг	kg
3	Время	T	T	секунда	с	s

№ п/п	Физическая величина			Единица измерения ФВ		
	Наименование	Размер- ность	Рекомендуемое Обозначение	Наименование	Обозначение	
					русское	между- народное
4	Сила электрического тока	I	I	ампер	А	А
5	Термодинамическая температура	Θ	T	кельвин	К	К
6	Количество вещества	N	n, ν	Моль	моль	mol
7	Сила света	J	J	кандела	кд	cd
Д о п о л н и т е л ь н ы е						
8	Плоский угол	–	–	радиан	рад	rad
9	Телесный угол	–	–	стерадиан	ср	sr

В названии системы ФВ применяют символы величин, принятых за основные. Например, система величин механики, в которой в качестве основных используются длина (L), масса (M) и время (T), называется системой LMT. Действующая международная система единиц СИ должна обозначаться символами LMTIΘNJ, обозначающими соответственно символы основных величин: длины (L), массы (M) и времени (T), силы электрического тока (I), температуры (Θ), количества вещества (N) и силы света (J).

Производная единица системы единиц – это единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными единицами. Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название, приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	Выражение через единицы СИ
Частота	T^{-1}	герц	Гц	s^{-1}
Сила, вес	LMT^{-2}	ньютон	Н	$kg\,s^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па	$kg\,s^{-2}m^{-1}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	$kg\,s^{-2}m^2$
Мощность	L^2MT^{-3}	ватт	Вт	$kg\,s^{-3}m^2$
Количество Электричества	TI	кулон	Кл	As
Электрическое напряжение, потенциал,	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	вольт	В	$kg\,s^{-3}m^2A^{-1}$

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	Выражение через единицы СИ
электродвижущая сила				
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	Ф	$m^{-2}kg^{-1}s^4A^2$
Электрическое Сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ом	Ом	$m^2kgs^{-3}A^{-2}$
Электрическая Проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сименс	См	$m^{-2}kg^{-1}s^3A^2$
Поток магнитной Индукции	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	Вб	$m^2kgs^{-2}A^{-1}$
Магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	Тл	$kgs^{-2}A^{-1}$
Индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	Гн	$m^2kgs^{-2}A^{-2}$
Световой поток	J	люмен	лм	$cd\ sr$
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	лк	$m^{-2}cd\ sr$
Активность Радионуклида	T^{-1}	беккерель	Бк	s^{-1}
Поглощенная доза ионизирующего излучения	L^2T^{-2}	грей	Гр	m^2s^{-2}
Эквивалентная доза Излучения	L^2T^{-2}	зиверт	Зв	m^2s^{-2}

Производные единицы бывают когерентными и неkohерентными. *Когерентной* называется производная единица ФВ, связанная с другими единицами системы уравнением, в котором числовой коэффициент принят равным 1.

Различают кратные и дольные единицы ФВ. *Кратная единица* – это единица ФВ, в целое число раз большая системной или внесистемной единицы. *Дольная единица* – единица ФВ, в целое число раз меньшая системной или внесистемной единицы. Приставки для образования кратных и дольных единиц СИ приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Приставка	Обозначение приставки		Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское			международное	русское
10^{18}	экса	Е	Э	10^{-1}	деци	d	д
10^{15}	пета	P	П	10^{-2}	санتي	с	с
10^{12}	тера	T	Т	10^{-3}	милли	m	м

Множитель	Приставка	Обозначение приставки		Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		между-народное	русское			между-народное	русское
10^9	гига	G	Г	10^{-6}	микро	μ	мк
10^6	мега	M	М	10^{-9}	нано	n	н
10^3	кило	k	к	10^{-12}	пико	p	п
10^2	гекто	h	г	10^{-15}	фемто	f	ф
10^1	дека	Da	да	10^{-18}	атто	a	а

Единицы ФВ делятся на системные и внесистемные. *Системная единица* – единица ФВ, входящая в одну из принятых систем. Все основные, производные, кратные и дольные единицы являются системными. *Внесистемная единица* – это единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц. Внесистемные единицы разделяют на четыре вида:

1. Допускаемые наравне с единицами СИ, например: единица массы – тонна; единицы плоского угла – градус, минута, секунда; единица объема – литр и др. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в таблице 1.7.
2. Допускаемые к применению в специальных областях, к которым относятся: единицы длины (в астрономии) – астрономическая единица, парсек, световой год; единица оптической силы (в оптике) – диоптрия; единица энергии (в физике) – электрон-вольт, приведены в таблице 1.4.
3. Временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например: в морской навигации – морская миля; в ювелирном деле единица массы – карат и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями.
4. Изъятые из употребления, к ним относятся единицы давления – миллиметр ртутного столба; единица мощности – лошадиная сила и др., приведены в таблице 1.8 [35].

Таблица 1.7 – Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ
		международное	русское	
Масса	тонна	T	т	10^3 кг
	атомная единица массы	U	а.е.м.	$\approx 1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	минута	min	мин	60 с

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ
		международное	русское	
	час	h	ч	3600 с
	сутки	D	сут	86400 с
Плоский угол	градус	...°	...°	$(\pi/180)\text{рад} = 1,745329 \dots \cdot 10^{-2} \text{рад}$
	минута	...'	...'	$(\pi/10800)\text{рад} = 2,908882 \dots \cdot 10^{-4} \text{рад}$
	секунда	..."	..."	$(\pi/648000)\text{рад} = 4,848137 \dots \cdot 10^{-6} \text{рад}$
	град или гон	... ^Д	град	$(\pi/200)\text{рад}$
Объем, вместимость	литр	L	л	10^{-3}м^3
Длина	астрономическая единица	ua	а.е.	$\approx 1,45598 \cdot 10^{11} \text{м}$
	световой год	Ly	св.год	$\approx 9,4605 \cdot 10^{15} \text{м}$
	парсек	pc	пк	$\approx 3,0857 \cdot 10^{16} \text{м}$
Площадь	гектар	ha	га	10^4м^2
Температура	градус Цельсия	...°C	...°C	1°C=273,16 K
Оптическая сила	диоптрия	—	дптр	1м^{-1}
Механическое напряжение	ньютон на квадратный миллиметр	N/mm ²	Н/мм ²	1МПа
Энергия	электрон-вольт	eV	эВ	$\approx 1,60219 \cdot 10^{-19} \text{Дж}$
Полная мощность	вольт-ампер	VA	ВА	
Реактивная мощность	вар	var	вар	

Таблица 1.8 – Внесистемные единицы, изъятые из употребления, и их связь с единицами системы СИ

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Длина	микрон	мк	1 мк=10 ⁻⁶ м
	ангстрем	Å	1 Å=10 ⁻¹⁰ м
Масса	Центнер	цн	1 цн=10 ² кг

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Площадь	Ар	а	$1 \text{ а} = 10^2 \text{ м}^2$
Сила	килограмм-сила	кгс	$1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ Н}$
	тонна-сила	тс	$1 \text{ тс} = 9,80665 \cdot 10^3 \text{ Н}$
	дина	дин	$1 \text{ дин} = 10^{-5} \text{ Н}$
Работа и энергия	килограмм-сила-метр	кгс·м	$1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,80665 \text{ Дж}$
	эрг	эрг	$1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж}$
	ватт·час	вт·ч	$1 \text{ вт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$
Мощность	лошадиная сила	л.с.	$1 \text{ л.с.} = 735,499 \text{ Вт}$
Давление	бар	бар	$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$
	Миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	$1 \text{ мм рт. ст.} = 133,322 \text{ Па}$
	Миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	$1 \text{ мм вод. ст.} = 9,80665 \text{ Па}$
	Техническая атмосфера	ат	$1 \text{ ат} = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ Па}$
	Физическая Атмосфера	атм	$1 \text{ атм} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (760 мм рт. ст.)
Угол поворота	Оборот	об	$1 \text{ об} = 2\pi \text{ рад}$
Угловая скорость	оборот в минуту	об/мин	$1 \text{ об/мин} = \frac{\pi}{30} \text{ рад/с}$
	оборот в секунду	об/с	$1 \text{ об/с} = 2\pi \text{ рад/с}$

1.5. Научные основы метрологического обеспечения. Основные понятия и определения

Научной основой метрологического обеспечения является метрология, т.е. наука об измерениях.

Нормативной основой метрологии является Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

Технической основой метрологического обеспечения является комплекс государственных метрологических систем.

Организационной основой метрологического обеспечения является сеть государственной и ведомственных метрологических служб.

Измерения являются одним из путей познания природы человеком, которые объединяют теоретическую и практическую деятельности человека. Измерения – это основа научных знаний, они необходимы, чтобы учитывать материальные ресурсы, обеспечивать требуемое качество

продукции, взаимозаменяемость деталей и узлов, совершенствование технологии, автоматизацию производства, стандартизацию, охрану здоровья и безопасность труда, а также для многих других отраслей человеческой деятельности. Измерения количественно характеризуют окружающий материальный мир, раскрывая действующие в природе закономерности.

Еще в древние времена люди начали пользоваться различными единицами, чтобы количественно оценивать расстояние, массу тел, продолжительность дня и т.д.

К самым древним единицам можно отнести антропометрические, отождествлявшиеся с названиями частей человеческого тела.

Пример Ладонь (ширина четырех пальцев без большого), пядь (расстояние между расставленными большим и средним пальцами руки), фут (длина ступни), шаг и др.

С развитием человеческого общества на смену антропометрическим единицам пришли другие. Например, в Англии в XIV века узаконили такие единицы, как дюйм (равный длине трех приставленных друг к другу ячменных зерен), фут (ширина 64 ячменных зерен, положенных бок о бок) и пр.

В России была установлена точная величина аршина и полусажени.

В начале XVII века начался хаос мер и единиц. Причиной тому послужило применение различных мер не только в разных государствах, но и внутри одного отдельного государства.

Пример Измерения длины в Европе производились 50 различными по размеру милями.

Согласно РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения (с Изменениями N 1, 2):

Единица измерения физической величины (англ. unit of measurement) – физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Измерение физической величины (англ. measurement) – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Для примера, если приложить линейку с делениями к любой детали, то будет проведено сравнение ее размера с единицей, хранимой линейкой. Следовательно, если произвести отсчет, то получим значение величины (длины, высоты, толщины и других параметров детали).

Измерительным прибором можно сравнить размер величины, которая преобразована в перемещение указателя, с единицей, которая хранится шкалой этого прибора, и провести отсчет.

1.6. Нормативные основы метрологического обеспечения

Наличие в метрологии большого числа принципиальных положений, отличает ее от других естественных наук.

Законодательная метрология – раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимости точности измерений в интересах общества (РМГ 29-99).

Нормативно-правовую базу метрологии можно представить в виде пирамиды, рисунок 1.13. Значимость и ответственность измерений и измерительной информации обуславливают необходимость установления в законодательном порядке комплекса правовых и нормативных актов и положений [4].



Рисунок 1.13. Нормативно-правовая база обеспечения единства измерений

Конституция РФ

Согласно статье 71 "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)

В ведении Российской Федерации находятся:

- а) принятие и изменение Конституции Российской Федерации и федеральных законов, контроль за их соблюдением;
- б) федеративное устройство и территория Российской Федерации;
- в) регулирование и защита прав и свобод человека и гражданина; гражданство в Российской Федерации; регулирование и защита прав национальных меньшинств;
- г) установление системы федеральных органов законодательной, исполнительной и судебной власти, порядка их организации и деятельности; формирование федеральных органов государственной власти;
- д) федеральная государственная собственность и управление ею;
- е) установление основ федеральной политики и федеральные программы в области государственного, экономического, экологического, социального, культурного и национального развития Российской Федерации;
- ж) установление правовых основ единого рынка; финансовое, валютное, кредитное, таможенное регулирование, денежная эмиссия, основы ценовой политики; федеральные экономические службы, включая федеральные банки;
- з) федеральный бюджет; федеральные налоги и сборы; федеральные фонды регионального развития;
- и) федеральные энергетические системы, ядерная энергетика, расщепляющиеся материалы; федеральные транспорт, пути сообщения, информация и связь; деятельность в космосе;
- к) внешняя политика и международные отношения Российской Федерации, международные договоры Российской Федерации; вопросы войны и мира;
- л) внешнеэкономические отношения Российской Федерации;
- м) оборона и безопасность; оборонное производство; определение порядка продажи и покупки оружия, боеприпасов, военной техники и другого военного имущества; производство ядовитых веществ, наркотических средств и порядок их использования;
- н) определение статуса и защита государственной границы, территориального моря, воздушного пространства, исключительной экономической зоны и континентального шельфа Российской Федерации;
- о) судостроительство; прокуратура; уголовное, уголовнопроцессуальное и уголовно-исполнительное законодательство;

амнистия и помилование; гражданское, гражданскопроцессуальное и арбитражно-процессуальное законодательство;
правовое регулирование интеллектуальной собственности;
п) федеральное коллизионное право;
р) метеорологическая служба, стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени; геодезия и картография; наименования географических объектов;
официальный статистический и бухгалтерский учет;
с) государственные награды и почетные звания Российской Федерации;
т) федеральная государственная служба.

Конституционная норма по вопросам метрологии устанавливает, что в федеральном ведении находятся стандарты, эталоны, а также закрепляет руководство основными вопросами метрологии.

Законы «Об обеспечении единства измерений» и «О техническом регулировании»

В рамках подтверждения конституционной нормы были приняты Федеральные Законы «Об обеспечении единства измерений» и «О техническом регулировании», которые разъясняют основы метрологической деятельности в Российской Федерации.

Согласно Статье 1 Федерального закона от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Об обеспечении единства измерений"

Целями настоящего Федерального закона являются:

- 1) установление правовых основ обеспечения единства измерений в Российской Федерации;
- 2) защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;
- 3) обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности;
- 4) содействие развитию экономики Российской Федерации и научно-техническому прогрессу.

2. Настоящий Федеральный закон регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений, установлении и соблюдении требований к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, применении стандартных образцов, средств измерений, методик (методов) измерений, а также при осуществлении деятельности по обеспечению единства измерений, предусмотренной законодательством Российской Федерации об

обеспечении единства измерений, в том числе при выполнении работ и оказании услуг по обеспечению единства измерений.

3. Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, к которым в целях, предусмотренных частью 1 настоящей статьи, установлены обязательные метрологические требования и которые выполняются при:

(в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

1) осуществлении деятельности в области здравоохранения;

2) осуществлении ветеринарной деятельности;

3) осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды;

4) осуществлении деятельности в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности, безопасности людей на водных объектах;

(п. 4 в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

5) выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда;

6) осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;

7) осуществлении торговли, выполнении работ по расфасовке товаров;

(в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

8) выполнении государственных учетных операций и учете количества энергетических ресурсов;

(в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

9) оказании услуг почтовой связи, учете объема оказанных услуг электросвязи операторами связи и обеспечении целостности и устойчивости функционирования сети связи общего пользования;

(п. 9 в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

10) осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства;

11) осуществлении геодезической и картографической деятельности;

12) осуществлении деятельности в области гидрометеорологии, мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды;

(в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

13) проведении банковских, налоговых, таможенных операций и таможенного контроля;

(п. 13 в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

14) выполнении работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании;

(п. 14 в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

- 15) проведении официальных спортивных соревнований, обеспечении подготовки спортсменов высокого класса;
 - 16) выполнении поручений суда, органов прокуратуры, государственных органов исполнительной власти;
 - 17) осуществлении мероприятий государственного контроля (надзора);
 - 18) осуществлении деятельности в области использования атомной энергии;
- (п. 18 введен Федеральным законом от 30.11.2011 N 347-ФЗ)
- 19) обеспечении безопасности дорожного движения.
- (п. 19 введен Федеральным законом от 21.07.2014 N 254-ФЗ)
4. К сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений относятся также измерения, предусмотренные законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.
5. Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется также на единицы величин, эталоны единиц величин, стандартные образцы и средства измерений, к которым установлены обязательные требования.
6. Обязательные требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам и средствам измерений устанавливаются законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений и законодательством Российской Федерации о техническом регулировании. Обязательные требования к единицам величин, выполнению работ и (или) оказанию услуг по обеспечению единства измерений устанавливаются законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений.
7. Особенности обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства и в области использования атомной энергии устанавливаются Правительством Российской Федерации.

Постановления Правительства РФ

Метрологическая деятельность в РФ регламентируется постановлениями Правительства России. В качестве примера рассмотрим Постановление Правительства РФ от 02.04.2015 N 310 «Об утверждении положения о порядке оказания государственных услуг и (или) выполнения работ государственными региональными центрами метрологии в пределах установленного государственного задания в области обеспечения единства измерений для граждан и юридических лиц за плату по регулируемым ценам и на одинаковых при оказании одних и тех же услуг условиях» (рисунок 1.14). Полный текст приведен в приложении 2.

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ
от 2 апреля 2015 г. N 310

ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПОЛОЖЕНИЯ
О ПОРЯДКЕ ОКАЗАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ И (ИЛИ) ВЫПОЛНЕНИЯ
РАБОТ ГОСУДАРСТВЕННЫМИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ЦЕНТРАМИ МЕТРОЛОГИИ
В ПРЕДЕЛАХ УСТАНОВЛЕННОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ
В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ГРАЖДАН
И ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ ЗА ПЛАТУ ПО РЕГУЛИРУЕМЫМ ЦЕНАМ
И НА ОДИНАКОВЫХ ПРИ ОКАЗАНИИ ОДНИХ
И ТЕХ ЖЕ УСЛУГ УСЛОВИЯХ

В соответствии с частью 3 статьи 26 Федерального закона "Об обеспечении единства измерений" Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить прилагаемое Положение о порядке оказания государственных услуг и (или) выполнения работ государственными региональными центрами метрологии в пределах установленного государственного задания в области обеспечения единства измерений для граждан и юридических лиц за плату по регулируемым ценам и на одинаковых при оказании одних и тех же услуг условиях.
2. Министерству промышленности и торговли Российской Федерации утвердить в 3-месячный срок порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

Председатель Правительства
Российской Федерации
Д.МЕДВЕДЕВ

Рисунок 1.14 – Пример Постановления Правительства РФ

Нормативные документы Госстандарта России

Для реализации положений Федеральных законов «Об обеспечении единства измерений» и о «Техническом регулировании», а также постановлений Правительства РФ разрабатываются и принимаются подзаконные акты – нормативные документы, которые устанавливают правила, общие принципы или характеристики, которые касаются различных видов деятельности или их результатов.

К нормативным документам по метрологии, действующим на территории России, относятся:

- национальные стандарты (ГОСТ, ГОСТ Р) системы ГСИ (более 400);
- правила по метрологии (ПР) системы ГСИ (около 30);
- рекомендации (гриф «МИ») системы ГСИ, разрабатываемые метрологическими институтами (бывшими государственными метрологическими научными центрами) и утвержденными руководством этих институтов.

Ведомственные документы и документы предприятий по обеспечению единства измерений

- **Стандарты отраслей**

Согласно Распоряжению Правительства РФ от 24.09.2012 N 1762-р «Об одобрении Концепции развития национальной системы стандартизации российской федерации на период до 2020 года» Разработка национальных стандартов в приоритетных отраслях экономики должна осуществляться на основе общепринятых международных принципов стандартизации.

- **Стандарты организаций**

Согласно Федеральному закону от 29.06.2015 N 162-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "О стандартизации в Российской Федерации"

Стандарт организации – документ по стандартизации, утвержденный юридическим лицом, в том числе государственной корпорацией, саморегулируемой организацией, а также индивидуальным предпринимателем для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг.

Статья 21. Стандарты организаций и технические условия

1. Стандарты организаций разрабатываются организациями самостоятельно исходя из необходимости их применения для обеспечения целей, указанных в статье 3 настоящего Федерального закона.

2. Стандарты организаций и технические условия разрабатываются с учетом соответствующих документов национальной системы стандартизации.

3. Технические условия разрабатываются изготовителем и (или) исполнителем и применяются в соответствии с условиями, установленными в договорах (контрактах).

4. Порядок разработки, утверждения, учета, изменения, отмены и применения стандартов организаций и технических условий устанавливается организациями самостоятельно с учетом применимых принципов, предусмотренных статьей 4 настоящего Федерального закона.

5. Проект стандарта организации, а также проект технических условий перед их утверждением может представляться в соответствующий технический комитет по стандартизации или проектный технический комитет по стандартизации для проведения экспертизы, по результатам которой технический комитет по стандартизации или проектный технический комитет по стандартизации готовит соответствующее заключение.

- Стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных объединений
- Распорядительные документы.

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ

2.1. Классификация погрешностей

Качество средств и результатов измерений принято характеризовать, указывая их погрешности. Введение понятия «погрешность» требует определения и четкого разграничения трех понятий: истинного и действительного значения измеряемой ФВ и результата измерения.

Истинным называется значение ФВ, идеальным образом характеризующее свойство данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении. Оно не зависит от средств нашего познания и является той абсолютной истиной, к которой мы стремимся, пытаясь выразить её в виде числовых значений. На практике это абстрактное понятие приходится заменять понятием «действительное значение».

Действительным называется значение ФВ, найденное экспериментально и настолько близкое к истинному, что в поставленной измерительной задаче оно может быть использовано вместо него.

Результат измерения представляет собой значение величины, полученное путем измерения.

Погрешность результата измерения – это отклонение результата измерения X от истинного (или действительного) значения Q измеряемой величины:

$$\Delta X = X - Q. \quad (2.1)$$

Она указывает границы неопределенности значения измеряемой величины. Близость к нулю погрешности результата измерения отражает *точность результата измерений*, которая является одной из характеристик качества измерения. Считают, что чем меньше погрешность измерения, тем больше его точность.

Погрешность средства измерений – разность между показанием СИ и истинным (действительным) значением измеряемой ФВ. Она характеризует *точность средства измерений* (характеристику качества СИ, отражающую близость его погрешности к нулю).

Понятия погрешности результата измерения и погрешности средства измерений во многом близки друг к другу и классифицируются по одинаковым признакам.

По *характеру проявления* погрешности делятся на случайные, систематические, прогрессирующие и промахи, или грубые погрешности.

Случайная погрешность – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) в серии повторных измерений одного и того же размера ФВ, проведенных с одинаковой тщательностью в одних и тех же условиях. В появлении таких погрешностей, изображенных на рисунке 2.1(а), не наблюдается какой либо закономерности, они обнаруживаются при повторных измерениях одной и той же величины в виде некоторого разброса получаемых

результатов. Случайные погрешности неизбежны, неустранимы и всегда присутствуют в результате измерения, однако их можно существенно уменьшить, увеличив число наблюдений. Описание случайных погрешностей возможно только на основе теории случайных процессов и математической статистики. Для получения результата, минимально отличающегося от истинного значения измеряемой величины, проводят многократные измерения требуемой величины с последующей математической обработкой экспериментальных данных.

Систематическая погрешность – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно меняющаяся при повторных измерениях одной и той же ФВ. Постоянная и переменная систематические погрешности показаны на рисунке 2.1(б). Их отличительный признак заключается в том, что они могут быть предсказаны, обнаружены и благодаря этому почти полностью устранены введением соответствующей поправки.

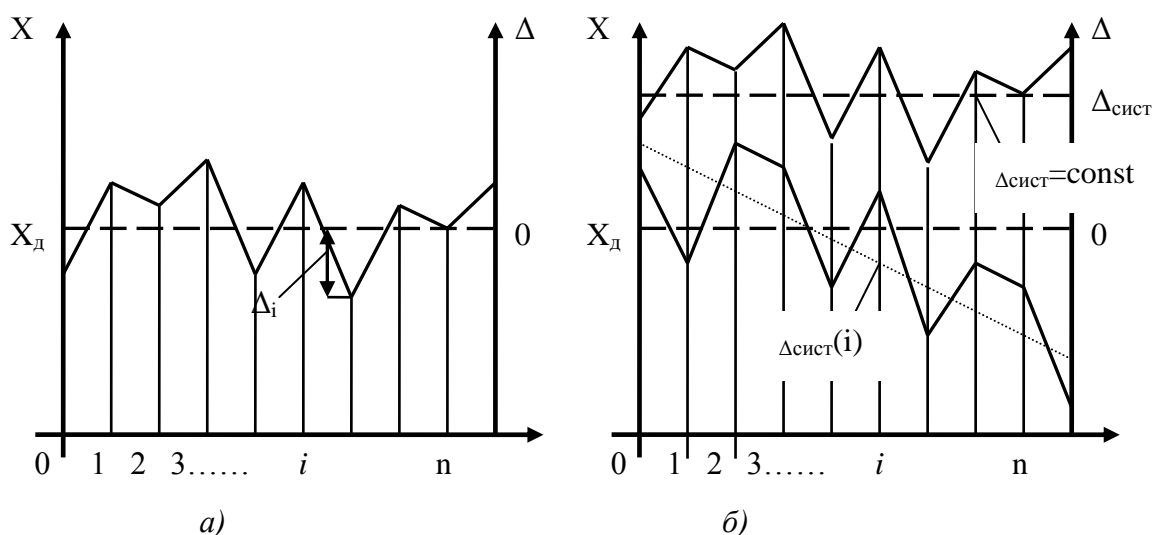


Рисунок 2.1 – Изменение: а – случайной, б – постоянной и переменной систематических погрешностей от измерения к измерению

Прогрессирующая (дрейфовая) погрешность – это непредсказуемая погрешность, медленно меняющаяся во времени. Прогрессирующие погрешности могут быть скорректированы поправками только в данный момент времени, а далее вновь непредсказуемо изменяются. Их изменение во времени представляет собой нестационарный случайный процесс, поэтому в рамках хорошо разработанной теории стационарных случайных процессов они могут быть описаны лишь с известными оговорками. **Прогрессирующая погрешность** – это понятие, специфичное для нестационарного случайного процесса изменения погрешности во времени, оно не может быть сведено к понятиям случайной и систематической погрешностей. Последние характерны лишь для стационарных случайных процессов.



Рисунок 2.2 – Классификация погрешностей

Грубая погрешность (промах) – это случайная погрешность результата отдельного наблюдения, входящего в ряд измерений; для данных условий она резко отличается от остальных результатов этого ряда.

По *способу выражения* различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

Абсолютная погрешность описывается формулой (2.1) и выражается в единицах измеряемой величины. Однако она не может в полной мере служить показателем точности измерений, так как одно и то же ее значение, например, $\Delta x = 0,05$ м при $x = 100$ м, соответствует достаточно высокой точности измерений, а при $x = 1$ м – низкой. Поэтому и вводится понятие относительной погрешности.

Относительная погрешность есть отношение абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x}, \text{ или } \delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \% . \quad (2.2)$$

Из этих отношений находят относительную погрешность в долях измеряемой величины или процентах.

Эта наглядная характеристика точности результата измерения (считают, что чем меньше погрешность измерения, тем больше его точность) не годится для нормирования погрешности СИ, так как при изменении значений x , относительная погрешность принимает различные значения вплоть до бесконечности при $x = 0$. В связи с этим для указания и нормирования погрешности СИ используется еще одна разновидность погрешности – приведенная.

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

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_N}, \text{ или } \gamma = \frac{\Delta x}{x_N} \cdot 100 \% . \quad (2.3)$$

Условно принятое значение x_N называют *нормирующим*. Чаще всего за него принимают верхний предел измерений данного СИ, применительно к которому и используется главным образом понятие «приведенная погрешность». Приведенную погрешность обычно выражают в процентах.

В зависимости от **причин возникновения** различают инструментальные погрешности измерения, погрешности метода измерений, погрешности из-за изменения условий измерения и субъективные погрешности измерения.

Инструментальная погрешность измерения обусловлена погрешностью применяемого СИ. Иногда эту погрешность называют *аппаратурной*.

Погрешность метода измерений – составляющая систематической погрешности измерений из-за несовершенства принятого метода измерений, эта погрешность обусловлена:

- отличием принятой модели объекта измерения от модели, адекватно описывающей его свойства, которое определяется путем измерения;
- влиянием способов применения СИ. Это имеет место, например, при измерении напряжения вольтметром с конечным значением внутреннего сопротивления. В таком случае вольтметр шунтирует участок цепи, на котором измеряется напряжение, и оно оказывается меньше, чем было до присоединения вольтметра;
- влиянием алгоритмов (формул), по которым производятся вычисления результатов измерений. Вследствие упрощений, принятых в уравнениях для измерений, нередко возникают существенные погрешности, для компенсации действия которых следует вводить поправки. Иногда погрешность метода называют *теоретической погрешностью*;
- влиянием других факторов, не связанных со свойствами используемых СИ.

Отличительной особенностью погрешностей метода является то, что они не могут быть указаны в документации на используемое СИ, поскольку от него не зависят; их должен определять оператор в каждом конкретном случае. В связи с этим оператор должен четко различать фактически измеряемую им величину и величину, подлежащую измерению.

Иногда погрешность метода может проявляться как случайная.

Погрешность (измерения) из-за изменения условий измерения – это составляющая систематической погрешности измерения, являющаяся следствием неучтенного влияния отклонения в одну сторону какого-либо из параметров, характеризующих условия измерений, от установленного значения.

Этот термин применяют в случае неучтенного или недостаточно учтенного действия той или иной влияющей величины (температуры, атмосферного давления, влажности воздуха, напряженности магнитного поля, вибрации и др.); неправильной установки средств измерений, нарушения правил их взаимного расположения и др.

Субъективная (личная) погрешность измерения обусловлена погрешностью отсчета оператором показаний по шкалам СИ, диаграммам регистрирующих приборов. Она вызвана состоянием оператора, его положением во время работы, несовершенством органов чувств, эргономическими свойствами СИ.

По *зависимости абсолютной погрешности от значений измеряемой величины* различают погрешности: *аддитивные* Δ_a , не зависящие от измеряемой величины; *мультипликативные* Δ_m , которые прямо пропорциональны измеряемой величине, и *нелинейные* Δ_n , имеющие нелинейную зависимость от измеряемой величины.

Эти погрешности применяют в основном для описания метрологических характеристик СИ. Такое их разделение весьма существенно при решении вопроса о нормировании и математическом описании погрешностей СИ.

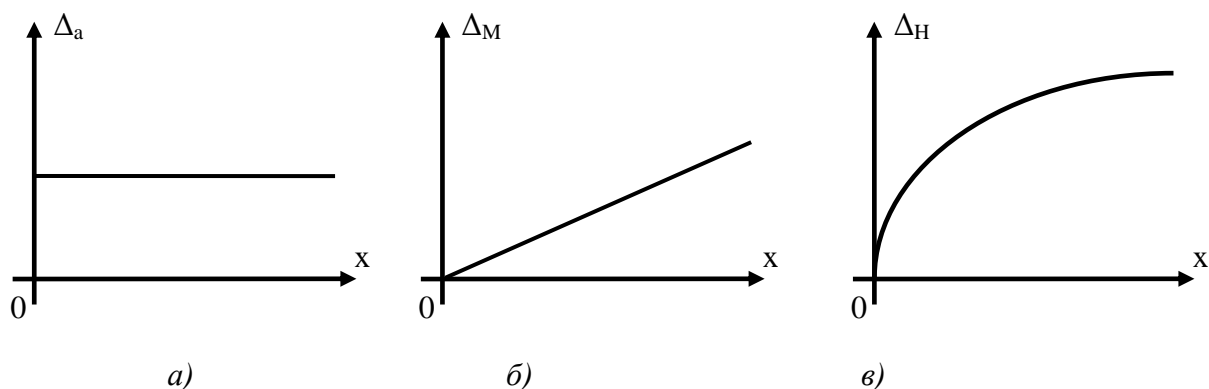


Рисунок 2.3 – Аддитивная (а), мультипликативная (б) и нелинейная (в) погрешности

По **влиянию внешних условий** различают основную и дополнительную погрешности СИ. *Основная погрешность средства измерений* – погрешность СИ, применяемого в нормальных условиях. Для каждого средства оговариваются условия эксплуатации, при которых нормируется его погрешность. *Дополнительная погрешность средства измерений* – составляющая погрешности СИ, возникающая дополнительно к основной погрешности, вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений.

В зависимости от влияния характера изменения измеряемых величин погрешности СИ делят на статические и динамические. *Статической* называется погрешность средства измерений, применяемого для измерения ФВ, принимаемой за неизменную. *Динамической* называется погрешность СИ, возникающая дополнительно при измерении изменяющейся (в процессе измерений) ФВ. Динамическая погрешность СИ обусловлена несоответствием его реакции на скорость (частоту) изменения измеряемого сигнала.

2.2. Погрешность и неопределенность

К началу 80-х годов методы описания погрешности измерения, построенные на разделении погрешности на случайную и систематическую, стали подвергаться определенной критике. Эти методы перестали удовлетворять требованиям, предъявляемым к метрологическим задачам и сложившаяся ситуация затрудняла развитие отдельных теоретических и прикладных вопросов метрологии.

Это привело к возникновению различных инициатив, одной из которых была новая концепция представления результатов измерений,

развиваемая по инициативе международных метрологических организаций. Ее суть состоит в следующем. Обработка результатов измерений во всех странах проводится с использованием аппарата теории вероятностей и математической статистики. Практически везде погрешности разделяются на случайные и систематические. Однако модели погрешностей, значения доверительных вероятностей и формирование доверительных интервалов в разных странах мира отличается друг от друга. Это приводит к трудностям при сличении результатов измерений, полученных в лабораториях различных стран.

Поэтому в 1978 г., признавая отсутствие международного единства по вопросу выражения неопределенности измерения, наивысший мировой авторитет в метрологии – Международный комитет мер и весов (МКМВ) обратился к Международному бюро мер и весов (МБМВ) с просьбой рассмотреть эту проблему совместно с национальными метрологическими лабораториями и разработать рекомендацию.

К началу 90-х годов с участием ряда международных организаций (МОЗМ, МКМВ, МБМВ, ИСО, МЭК) был разработан документ, содержащий новую концепцию описания результатов измерений [26]. Документ содержит правила для стандартизации, калибровки, аккредитации лабораторий метрологических служб. Основные положения руководства [27]:

- отказ от использования таких понятий, как истинное и действительное значения измеряемой величины, погрешность, относительная погрешность, точность измерения, случайная и систематическая погрешности;
- введение нового термина «неопределенность» – параметра, связанного с результатом измерения и характеризующего рассеяние значений, которые можно приписать измеряемой величине;
- разделение составляющих неопределенности на два типа А и В. Вновь вводимые группы неадекватны случайным и систематическим погрешностям. Разделение основано не на теоретических предпосылках, а на практических соображениях.

Неопределенности типа А могут быть оценены статистическими методами на основе многократных измерений и описываются традиционными характеристиками центрированных случайных величин – дисперсией или СКО. Взаимодействие этих неопределенностей описывается взаимным корреляционным моментом, или коэффициентом взаимной корреляции.

Неопределенности типа В могут быть оценены любыми другими методами, кроме статистических. Они должны описываться величинами, аналогичными дисперсии или СКО, так как именно эти характеристики можно использовать для объединения неопределенностей типа В как между собой, так и с неопределенностями типа А.

Сейчас общепризнано, что, когда все известные или предполагаемые компоненты погрешности оценены и внесены соответствующие поправки, все еще остается неопределенность относительно истинности указанного результата, т.е. сомнение в том, насколько точно результат измерения представляет значение измеряемой величины [26].

Также как Международная система единиц (СИ), будучи системой, практически, универсального использования, привнесла согласованность во все научные и технологические измерения, всемирное единство в оценке и выражении неопределенности измерения обеспечило бы должное понимание и правильное использование широкого спектра результатов измерений в науке, технике, промышленности и регулирующих актах. Необходимо, чтобы метод для оценки и выражения неопределенности был единым во всем мире так, чтобы измерения, проводимые в разных странах, можно было легко сличать.

2.3. Правила округления результатов измерений

Поскольку погрешности измерений определяют лишь зону неопределенности результатов, их не требуется знать очень точно. В окончательной записи погрешность измерения принято выражать числом с одним или двумя значащими цифрами. Эмпирически были установлены следующие правила округления рассчитанного значения погрешности и полученного результата измерения.

1. Погрешность результата измерения указывается двумя значащими цифрами, если первая из них равна 1 или 2, и одной – если первая есть 3 или более.
2. Результат измерения округляется до того же десятичного знака, которым оканчивается округленное значение абсолютной погрешности. Если десятичная дробь в числовом значении результата измерений оканчивается нулями, то нули отбрасываются до того разряда, который соответствует разряду числового значения погрешности.

Пример: Число 999,99872142 при погрешности $\pm 0,000005$ следует округлять до 999,998721.

3. Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остальные цифры числа не изменяются. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются.

Пример: При сохранении четырех значащих цифр число 283435 должно быть округлено до 283400; число 384,435 – до 384,4.

4. Если цифра старшего отбрасываемого разряда больше или равна 5, но за ней следуют отличные от нуля цифры, то последнюю оставляемую цифру увеличивают на единицу.

Пример: При сохранении трех значащих цифр число 17,58 округляют до 17,6; число 18598 – до 18600; число 352,521 – 353.

5. Если отбрасываемая цифра равна 5, а следующие за ней цифры неизвестны или являются нулями, то последнюю сохраняемую цифру числа не изменяют, если она четная, и увеличивают на единицу, если она нечетная.

Пример: При сохранении трех значащих цифр число 264,50 округляют до 264; число 645,5 – до 646.

6. Округление производится лишь в окончательном ответе, а все предварительные вычисления проводят с одним-двумя лишними знаками.

Если руководствоваться этими правилами округления, то количество значащих цифр в числовом значении результата измерений позволяет ориентировочно судить о точности измерения. Это связано с тем, что предельная погрешность, обусловленная округлением, равна половине единицы последнего разряда числового значения результата измерения [35].

ГЛАВА 3. ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ. ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

3.1. Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров. Единство измерений

При проведении измерений необходимо обеспечить их единство.

Единство измерений – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

Понятие «единство измерений» довольно емкое. Оно охватывает важнейшие задачи метрологии: унификацию единиц ФВ, разработку систем воспроизведения величин и передачи их размеров рабочим средствам измерений с установленной точностью и ряд других вопросов. Единство измерений должно обеспечиваться при любой точности, необходимой науке и технике. На достижение и поддержание на должном уровне единства измерений направлена деятельность государственных и ведомственных метрологических служб, проводимая в соответствии с установленными правилами, требованиями и нормами. На государственном уровне деятельность по обеспечению единства измерений регламентируется стандартами Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) или нормативными документами органов метрологической службы.

Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц, в которых градуированы все существующие СИ одной и той же величины. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения в специализированных учреждениях установленных единиц ФВ и передачи их размеров применяемым СИ.

Воспроизведение единицы физической величины – совокупность операций по материализации единицы ФВ с помощью государственного эталона. Различают воспроизведение основной и производной единиц.

Воспроизведение основной единицы – это создание фиксированной по размеру ФВ в соответствии с определением единицы. Оно осуществляется с помощью государственных первичных эталонов. Например, единица массы – 1 кг (точно) воспроизведена в виде платиноиридиевой гири, хранимой в Международном бюро мер и весов в качестве международного эталона килограмма. Розданные другим странам эталоны имеют номинальное значение 1 кг. На основании последних (1979) международных сличений платиноиридиевая гиря, входящая в состав Государственного эталона РФ, имеет массу 1,000000087 кг [25].

Воспроизведение производной единицы – это определение значения ФВ в указанных единицах на основании измерений других величин, функционально связанных с измеряемой величиной.

Передача размера единицы – приведение размера единицы ФВ, хранимой поверяемым средством измерения, к размеру единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, осуществляемое при их поверке или калибровке. Размер единицы передается «сверху вниз», от более точных средств измерения к менее точным.

Хранение единицы – совокупность операций, обеспечивающая неизменность во времени размера единицы, присущего данному средству измерения. Хранение эталона единицы ФВ предполагает проведение взаимосвязанных операций, позволяющих поддерживать метрологические характеристики эталона в установленных пределах. При хранении первичного эталона выполняются регулярные его исследования, включая сличения с национальными эталонами других стран с целью повышения точности воспроизведения единицы и совершенствования методов передачи ее размера.

3.2. Эталоны единиц физических величин

3.2.1. Классификация эталонов

Технической основой обеспечения единства измерений является эталонная база.

Эталон – средство измерений (или их комплекс), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме СИ и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке. Согласно ГОСТ Р 8.885–2015 «ГСИ. Эталоны. Основные положения»:

- Эталоны единиц величин предназначены для воспроизведения, хранения и передачи единиц величин и (или) шкал величин (шкал измерений) (далее - единицы величин).
- Эталоны единиц величин подразделяют по подчиненности и уровням точности на исходные и подчиненные, первичные, вторичные и разрядные рабочие эталоны единиц величин, которые создают при необходимости (см. 4.6.3.1 ГОСТ Р 8.885–2015 «ГСИ. Эталоны. Основные положения»).
- В качестве исходных на территории Российской Федерации применяют государственные первичные эталоны единиц величин.
- Государственные первичные эталоны единиц величин предназначены для воспроизведения, хранения и передачи единиц величин в Российской Федерации с наивысшей точностью.
- Государственные первичные эталоны, воспроизводящие и хранящие единицы величин в специфических условиях (высокие и сверхвысокие частоты, малые и большие энергии, давления,

температуры, особые состояния вещества и т.п.), называют государственными первичными специальными эталонами единиц величин.

- Точность воспроизведения единиц величин при помощи государственных первичных эталонов единиц величин должна удовлетворять потребностям государства в обеспечении единства измерений и соответствовать уровням точности международных эталонов единиц величин и (или) национальных эталонов единиц величин наиболее технически развитых иностранных государств.
- Передачу единиц величин от государственных первичных эталонов средствам измерений осуществляют непосредственно или через совокупность иерархически подчиненных эталонов единиц величин различного уровня точности, обеспечивая тем самым "прослеживаемость" измерений на всех уровнях передачи единиц величин сверху донизу.
- Порядок передачи единиц величин от государственных первичных эталонов единиц величин средствам измерений устанавливается государственными поверочными схемами.
- Подчиненными государственным первичным эталонам единиц величин являются эталоны единиц величин с более низкими показателями точности, которые, в ряде случаев, могут быть в свою очередь исходными эталонами единиц величин для средств измерений организаций и предприятий, возглавляя их локальные поверочные схемы.
- Вторичные эталоны единиц величин получают единицы величин от государственных первичных эталонов единиц величин. К вторичным эталонам единиц величин относят эталоны-копии, эталоны сравнения и рабочие эталоны единиц величин.
- Эталон-копии единиц величин предназначены для уменьшения эксплуатационной нагрузки на государственные первичные эталоны единиц величин, в обоснованных случаях заменяя их.

Примечание - Эталон-копия единицы величины не всегда является физической копией государственного первичного эталона единицы величины.

- Эталон сравнения единиц величин предназначены для сличения эталонов единиц величин, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.
- Рабочие эталоны единиц величин предназначены для передачи единиц величин менее точным эталонам единиц величин и средствам измерений.

Данный стандарт разработан в целях реализации положений Федерального закона от 26 июня 2008 года N 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и постановления Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 года N 734 "Об эталонах единиц величин,

используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

Более подробно о создании, содержании и о применении эталонов единиц величин написано в части 5 ГОСТ Р 8.885–2015 «ГСИ. Эталоны. Основные положения».

Неизменность – свойство эталона удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного интервала времени, а все изменения, зависящие от внешних условий, должны быть строго определенными функциями величин, доступных точному измерению. Реализация этих требований привела к идее создания «естественных эталонов» различных величин, основанных на естественных физических постоянных.

Воспроизводимость – возможность воспроизведения единицы ФВ (на основе ее теоретического определения) с наименьшей погрешностью для данного уровня развития измерительной техники. Это достигается путем постоянного исследования эталона в целях определения систематических погрешностей и их исключения введением соответствующих поправок.

Сличаемость – возможность обеспечения сличения с эталоном других средств измерения, нижестоящих по поверочной схеме, и в первую очередь вторичных эталонов с наивысшей точностью для данного уровня развития техники измерения. Это свойство предполагает, что эталоны по своему устройству и действию не вносят каких-либо искажений в результаты сличений и сами не претерпевают изменений при проведении сличений.

Поверка СИ – установление органом государственной метрологической службы пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

Поверке подвергаются средства измерений, которые подлежат государственному метрологическому контролю и надзору.

При поверке используют эталон. Поверку проводят в соответствии с обязательными требованиями, установленными нормативными документами по поверке. Поверку проводят специально обученные специалисты, аттестованные в качестве поверителей органами Государственной метрологической службы.

Результаты поверки средств измерений, которые признаются годными к применению, оформляют выдачей *свидетельства о поверке*, нанесением *поверительного клейма* или иными способами, установленными нормативными документами по поверке.

Другими официально уполномоченными органами, которым может быть предоставлено право проведения поверки, являются аккредитованные метрологические службы юридических лиц. *Аккредитация на право*

поверки средств измерений проводится уполномоченным на то государственным органом управления [24].

Калибровка СИ – совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения действительных метрологических характеристик этого средства измерений.

Калибровке могут подвергаться средства измерений, не подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору.

Результаты калибровки позволяют определить действительные значения измеряемой величины, показываемые средством измерений, или поправки к его показаниям, или оценить погрешность этих средств. При калибровке могут быть определены и другие метрологические характеристики.

Результаты калибровки средств измерений удостоверяются *калибровочным знаком*, наносимым на средства измерений, или *сертификатом о калибровке*, а также записью в эксплуатационных документах. Сертификат о калибровке представляет собой документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки средства измерений, который выдается организацией, осуществляющей калибровку [24].

Различают следующие виды эталонов:

Международный эталон – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Первичный эталон – обеспечивает воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью.

Государственный первичный эталон – первичный эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории государства.

Вторичный эталон – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.

Эталон сравнения – эталон, применяемый для сличений эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.

Рабочий эталон – эталон, 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.

Эталонная база страны – совокупность государственных первичных и вторичных эталонов, являющаяся основой обеспечения единства измерений в стране.

Структура эталонной базы России, являющаяся технической основой обеспечения единства измерений, представлена на рисунке 3.1.

В международной практике государственные эталоны обычно называются национальными, а эталоны, хранимые в Международном бюро мер и весов, международными. Термин «национальный эталон» применяют в случаях проведения сличения эталонов, принадлежащих отдельным государствам, с международным эталоном или при проведении так называемых круговых сличений эталонов ряда стран. Например, национальные эталоны Килограмма сличаются один раз в 20-25 лет, а эталоны Вольты и Ома и ряд других сличаются раз в три года.



Рисунок 3.1 – Структура эталонной базы Российской Федерации

К первичным эталонам относят как соответствующие эталоны основных СИ, так и производных единиц СИ.

Размер единицы, воспроизводимой вторичными эталонами, «поддерживается» с помощью первичных (государственных).

Вторичные эталоны утверждаются в зависимости от особенностей их применения Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии или государственными научными метрологическими центрами.

Рабочие эталоны получают размер единицы, как правило, от вторичного эталона и служат для передачи размера единиц другим рабочим эталонам (меньшей точности) и рабочим средствам измерений.

До 1994 года в нашей стране применялся термин «образцовое средство измерений», которое служило промежуточным метрологическим звеном, расположенным между эталоном и рабочим средством измерений. С целью приближения российской терминологии к международной, было принято решение именовать «образцовые средства измерений» рабочими эталонами. Поскольку образцовые средства измерений в зависимости от точности подразделялись на разряды от 1-го (более высокой точности) до 3-го, а иногда даже до 4-го разряда (наименьшей точности), то такие же разряды были приняты и для рабочих эталонов.

На рисунке 3.2. представлена классификация эталонов. Высшим звеном эталонной базы страны является система государственных первичных эталонов, которые воспроизводят и (или) хранят единицы и передают их размеры подчиненным эталонам, которые, в свою очередь, передают их рабочим средствам измерений.



Рисунок 3.2 – Классификация эталонов

В СССР имелось 145 государственных первичных эталонов, а сама эталонная база была признана в мире одной из самых полных систем эталонов с уникальными возможностями по условиям применения, широкими диапазонами измерений и высокими точностями.

В настоящее время в Российской Федерации 123 государственных первичных эталона, из них 6 эталонов основных единиц (рисунок 3.3.) [3].



Рисунок 3.3 – Основные единицы величин и институты-хранители государственных первичных эталонов

Эталон единицы длины – *метр* – включает источники эталонного излучения $He - Ne/J^2$ – лазеры, стабилизированные по линии насыщенного поглощения в молекулярном йоде-127, установку для измерения отношений длин волн источников излучения и интерференционный компаратор с лазерным интерференционным рефрактометром. Метр определен как – длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ доли секунды (точно).

Эталон единицы массы – *килограмм* – представляет собой цилиндр из сплава платины (90%) и иридия (10%), у которого диаметр и высота примерно одинаковы (около 39 мм).

Эталон единицы времени – *секунда* – соответствует определению секунды как интервала времени, в течение которого совершается $9\,192\,631\,770$ периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями ($F = 4, m_F = 0$ и $F = 3, m_F = 0$) основного состояния атома цезия-133 в отсутствии внешних полей.

Эталон единицы силы постоянного электрического тока – *ампер* – состоит из двух комплексов: в первом используется способ воспроизведения размера единицы силы тока (1 мА и 1 А) с использованием косвенных измерений силы тока $I = U/r$, причем размер единицы электрического напряжения U – вольт – воспроизводится с помощью квантового эффекта Джозефсона, а размер единицы электрического сопротивления r – Ом – с помощью квантового эффекта Холла; во втором комплексе, воспроизводящем силу постоянного тока в диапазоне $10^{-16} \dots 10^{-9}$ А, используется многозначная мера силы тока, включающая меру линейно изменяющегося электрического напряжения с набором герметизированных конденсаторов, прибор для измерения напряжения, прибор для измерения времени и компенсирующее устройство. Ампер определен как – сила не изменяющегося тока, который, проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенных на расстоянии 1 м один от другого в вакууме вызвал бы между этими проводниками силу взаимодействия равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины.

Эталон единицы температуры – *один градус Кельвина* – определен как $1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды. Тройная точка воды ($273,16$ К – равновесие между газообразной (насыщенный газ), жидкой (вода) и твердой (лед) фазами воды) может быть воспроизведена с погрешностью $0,0001^\circ\text{C}$ и выше температуры таяния льда – $0,01^\circ\text{C}$.

Эталон единицы силы света – *кандела* – представляет собой силу света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

Единица количества вещества – *моль* – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в углероде-12 массой $0,012$ кг (1 моль углерода имеет массу $0,002$ кг, 1 моль

кислорода – 0,032 кг, а 1 моль воды – 0,018 кг). К настоящему времени ни в одной метрологической лаборатории мира эталон моля не создан. На пути создания такого эталона встали большие теоретические проблемы, одной из которых является недостаточная четкость определения этой единицы. В настоящее время проводятся теоретические и экспериментальные исследования на основе квантовой теории с целью создания эталона единицы количества вещества на базе фундаментальных физических констант [25].

В соответствии с Конституцией Российской Федерации и законом Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» государственные эталоны находятся в ведении Российской Федерации (ранее функции собственника выполнял Госстандарт России, ныне – Ростехрегулирование). Сегодня в России 7 специализированных научно-исследовательских организаций, определенных в качестве национальных метрологических институтов и подведомственных Ростехрегулированию (рисунок 3.4).

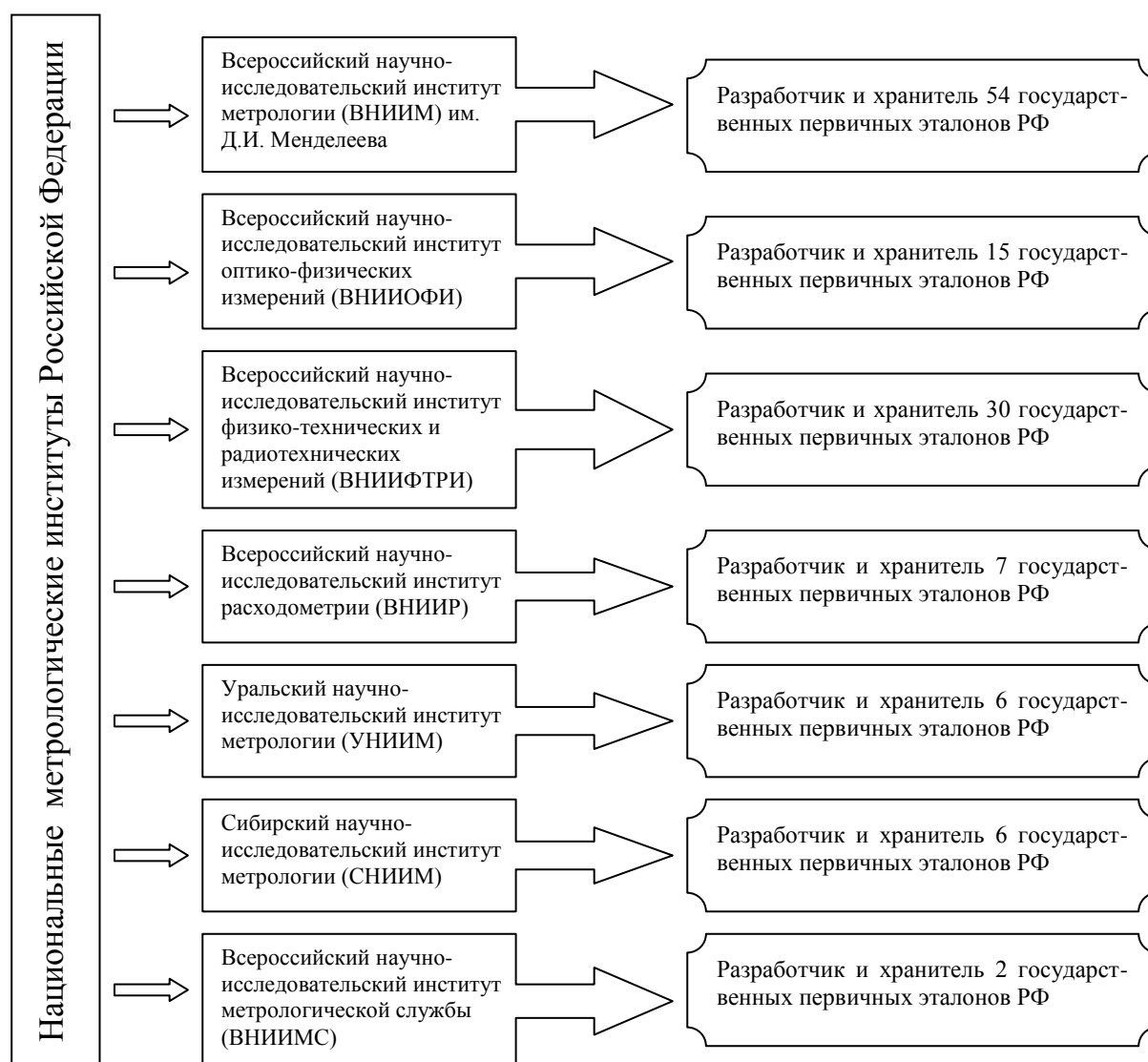


Рисунок 3.4 – Национальные метрологические институты РФ

3.2.2. Примеры построения эталонов основных единиц

Эталон единицы длины. В 1791 г. Национальное собрание Франции приняло длину десятимиллионной части четверти дуги парижского меридиана в качестве единицы длины – метра.

Но уже в 1837 г. французские ученые установили, что в четверти меридиана содержится не 10 000 000 м, а 10 000 856 м. Кроме того, примерно в тот же период времени стало очевидным, что форма и размеры Земли со временем, пусть незначительно, но изменяются. Поэтому в 1872 г. по инициативе Петербургской академии наук была создана международная комиссия, решившая не создавать уточненных эталонов метра, а принять в качестве исходной единицы длины метр Архива Франции.

В 1889 г. во Франции был изготовлен 31 эталон метра в виде платиноиридиевого стержня Х-образного поперечного сечения (рисунок 3.5).

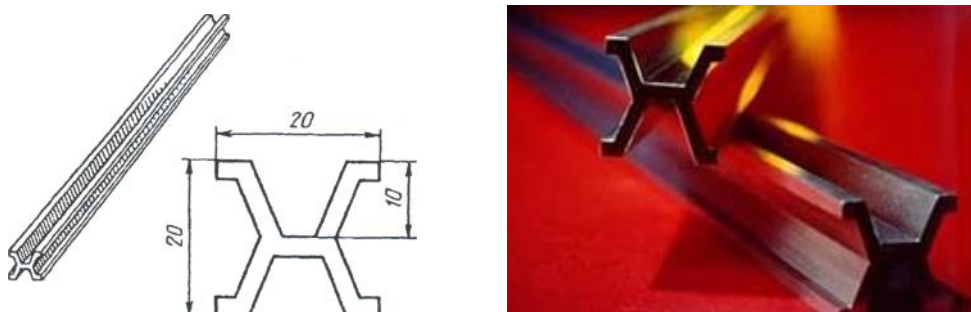


Рисунок 3.5 – Эталон единицы длины

Эталон № 6 оказался при 0°С точно равным длине метра Архива и был принят в 1889 г. Первой Генеральной конференцией по мерам и весам в качестве международного прототипа метра. Остальные 30 эталонов были переданы различным странам. Экземпляры № 11, № 28 в 1889 г. были переданы России, при этом экземпляр № 28 был утвержден в качестве государственного эталона России. Погрешность платиноиридиевых штриховых мер составляет $\pm 1,1 \cdot 10^{-7}$ м. Так как штрихи имели значительную ширину, существенно повысить точность эталона было невозможно.

Требования к повышению точности эталона единицы длины и его физической воспроизводимости привело к тому, что в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам было принято новое определение метра: *«Метр – длина, равная 1650763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2P_{10}$ и $5d_5$*

атома криптона-86» (рисунок 3.6.). Погрешность воспроизведения метра с помощью данного эталона составила $5 \cdot 10^{-9}$ м.

Повышение точности эталона длины стало возможным при разработке высокостабильных лазеров, что позволило уточнить значение скорости света. В 1983 г. XVII Генеральная конференция по мерам и весам приняла новое определение метра: «Метр – длина пути, проходимого светом в вакууме за промежуток времени равный $1/c$, где $c = 299\,792\,458$ м/с – скорость света, принятая как постоянная неизменная величина».

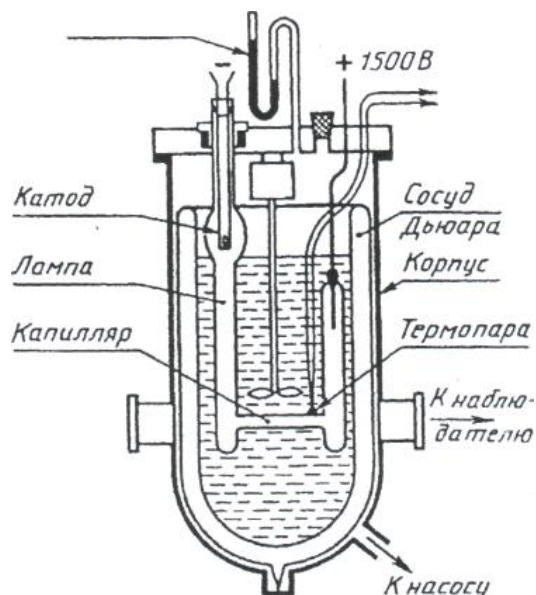


Рисунок 3.6 – Эталон единицы длины (1960 г.)

9-я сессия Консультативного комитета по определению метра в сентябре 1997 г. приняла рекомендацию C1 (1997), в которой приведен перечень рекомендованных частот и длин волн излучений в вакууме; одной из рекомендованных линий является поглощающая линия молекулы $^{127}\text{J}_2$, переход 11-5, вращательной линии R(127), компонента a_{13} (или i), для которой установлены следующие значения:

$$F = 473\,612\,214\,705 \text{ кГц}$$

$$\lambda = 632,99139822 \text{ нм}$$

с относительной неопределенностью $2,5 \cdot 10^{-11}$. Эти значения относятся к He-Ne лазеру с внутрирезонаторной ячейкой поглощения с использованием метода стабилизации по 3-ей гармонике.

Согласно Рекомендации (МК-1983) Международного комитета мер и весов воспроизведение метра может осуществляться одним из следующих методов:

- а) через длину L , пути, проходимого в вакууме плоской электромагнитной волной за время t ; эта длина получается путем измерения промежутка времени при использовании соотношения $L = c \cdot \Delta t$ и значения скорости света в вакууме $299\,792\,458$ м/с;

б) через значение длины волны в вакууме λ плоской электромагнитной волны с частотой f , это значение длины волны получается путем измерения значения частоты f при использовании соотношения $L = c \cdot f$ и значения скорости света в вакууме $c = 299792458$ м/с.

В настоящее время Государственный первичный эталон единицы длины ГЭТ 2-85, воспроизводящий одну из основных единиц физических величин – метр, находится во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева (рисунок 3.7).

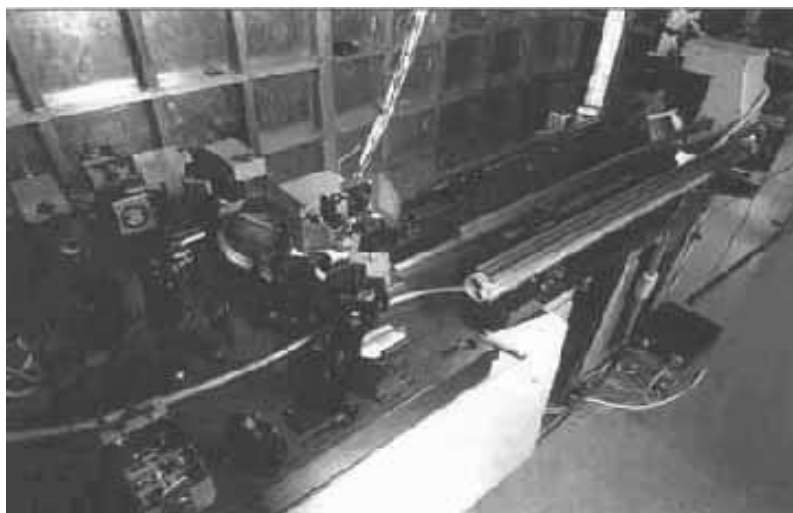


Рисунок 3.7 – Государственный первичный эталон единицы длины

Важной особенностью первичного эталона метра, в состав которого входит стабилизированный по частоте $He - Ne / J^2$ лазер, является воспроизведение и хранение единицы длины на основе стабильного квантового эффекта – перехода на линиях сверхтонкой структуры молекулярного йода $^{127}J_2$.

Состав эталона

Эталон состоит из комплекса следующих средств измерений:

- источники эталонного излучения $He - Ne / J^2$ – лазеры, стабилизированные по линии насыщенного поглощения в молекулярном йоде 127;
- установка для измерения отношений длин волн источников излучения;
- интерференционный компаратор с лазерным интерференционным рефрактометром.

Метрологические характеристики эталона

Диапазон измерений длины – $(5 \cdot 10^{-9} - 1,0)$ м.

Длина волны, воспроизводимая эталонным источником излучения

$He - Ne / J^2$ лазера – $0,63299139822$ мкм.

Эталон обеспечивает воспроизведение единицы длины с СКО – $2 \cdot 10^{-11}$ и НСП – $1,5 \cdot 10^{-11}$.

Эталонный комплекс обеспечивает передачу размера единицы длины вещественным мерам длины, измерителям линейных перемещений, преобразователям линейных перемещений:

- в диапазоне ($1 \cdot 10^{-3} - 1,0$) м с суммарной погрешностью ($0,015 + 0,01 L$) мкм, где L , – длина в метрах;
- в диапазоне ($1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-3}$) м с суммарной погрешностью 0,015 мкм;
- в диапазоне ($5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-6}$) м с суммарной погрешностью 0,003 мкм.

Уникальность

Наивысшая точность воспроизведения единицы длины – 10^{-11} .

Наибольшее разрешение лазерного интерферометра – $\lambda / 2000 \approx 0,3$ нм.

Специальный пассивный термобаростат и специальный виброзащитный фундамент компаратора.

Эталон единицы длины имеет постоянные международные сличения с эталоном Международного Бюро мер и весов (МБМВ) и Национальными эталонами Финляндии, Германии, Норвегии, Чехии, США, Англии, Республики Корея.

Эталон единиц массы. В основе эталона единицы массы лежит принцип независимости законов механики от выбора единицы массы. Поэтому условно по договоренности за единицу массы принята масса Международного прототипа килограмма, представляющего собой прямой цилиндр с диаметром и высотой 39 мм. Международный прототип килограмма изготовлен из платиноиридиевого сплава (90% Pt, 10% Ir). Его масса близка к массе одного кубического дециметра дистиллированной воды при температуре около $+3,96$ °С и нормальном атмосферном давлении 760 мм рт.ст.

Международный прототип килограмма хранится и применяется в Международном бюро мер и весов (МБМВ). Передача размера единицы массы от Международного прототипа килограмма национальным эталонам единицы массы осуществляется в МБМВ с наивысшей точностью, достигнутой в мире.

Наивысшая достижимая точность измерений массы определяется, прежде всего, стабильностью Международного прототипа килограмма и точностью передачи единицы массы национальным эталонам килограмма.

Основные работы по созданию национального эталона единицы массы в России были проведены Д.И. Менделеевым после получения из МБМВ платиноиридиевых копий № 12 и № 26 и эталонных весов № 1 фирмы «Рупрехт» в 1895 году.

Все работы, проводимые с эталонами, связаны с повышением точности передачи размера единицы массы от платиноиридиевой копии № 12 эталонам-копиям и рабочим эталонам массы из нержавеющей стали.

При этом одной из основных работ является повышение точности эталонных весов, компараторов.

Единство и точность измерений массы в России обеспечивается применением Государственного первичного эталона единицы массы, образцовых и рабочих средств измерения массы в соответствии с ГОСТ 8.021-2015 «Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений массы».

Государственный первичный эталон (ГПЭ) единицы массы предназначен для воспроизведения и хранения единицы массы, полученной на основании его сличения с Международным прототипом килограмма, а также для передачи размера единицы массы при помощи вторичных эталонов и образцовых средств измерения массы рабочим средствам измерения.

Российский Государственный первичный эталон единицы массы имеет номер ГЭТ 3-78 по государственному реестру и утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам № 4109 от 6 декабря 1984 г.

В Государственный первичный эталон единицы массы входит комплекс следующих средств измерений (рисунок 3.8.):

- национальный прототип килограмма – копия №12 Международного прототипа килограмма;
- национальный прототип килограмма – копия №26 Международного прототипа килограмма;
- эталонная гиря R1 массой 1 кг и набор эталонных гирь массой от 1 г до 500 г из платиноиридиевого сплава;
- эталонные весы-компараторы с наибольшими пределами взвешивания (НПВ) 1 кг, 200 г, 25 г и 3 г, имеющие средние квадратические отклонения (СКО) показаний 0,01 мг, 0,005 мг, 0,001 мг и 0,0004 мг.



Рисунок 3.8 – Государственный первичный эталон единицы массы

Номинальное значение массы, воспроизводимое национальным эталоном единицы массы, 1 кг. Действительное значение массы, полученное по результатам сличений копии № 12 с Международным прототипом килограмма в 1993 г. в МБМВ, составляет $1 \text{ кг} + 0,100 \text{ мг}$.

Погрешность результата измерений, полученных при сличении копии № 12 с Международным прототипом килограмма, не превышает 0,0023 мг (относительная погрешность $2 \cdot 10^{-9}$).

Действительное значение массы копии №26, полученное при сличении с Международным прототипом килограмма, равно $1 \text{ кг} \pm 0,008 \text{ мг}$.

Государственный первичный эталон единицы массы хранится во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева в Санкт-Петербурге. Весь эталонный комплекс находится в специальном термостатированном помещении, находящемся в центре здания, где расположены основные эталоны России. Эталонные весы-компараторы, используемые для сличений эталонов массы, установлены на специальном фундаменте, изолированном от фундамента основного здания. Это существенно уменьшает влияние вибраций на процесс взвешивания при сличениях эталонов массы. Амплитуда вибрации этого фундамента не превышает 5 мкм при частоте колебаний менее 10 Гц.

Температура в эталонном помещении поддерживается в пределах $20 \pm 2^\circ\text{C}$ при относительной влажности воздуха $60 \pm 15 \%$. Изменение температуры воздуха в эталонном помещении не превышает $\pm 0,1^\circ\text{C}$ за 1 час, а изменение температуры воздуха внутри витрины эталонных весов-компараторов во время сличения эталонов не превышает $0,01^\circ\text{C}$ за 1 час.

Национальные прототипы килограмма – копии № 12 и № 26 Международного прототипа килограмма хранятся в специальном сейфе, расположенном внутри термостатированного помещения. Копия № 12 установлена на кварцевой пластине и закрыта двумя притертыми стеклянными колпаками. Копия № 26 также закрыта двумя стеклянными колпаками.

Копия № 26 Международного прототипа килограмма заменяет национальный прототип № 12 в период его сличений в Международном бюро мер и весов.

Периодические исследования ГПЭ единицы массы проводятся один раз в 7 лет. При периодических исследованиях ГПЭ производят взаимные сличения национального прототипа килограмма – копии № 12 Международного прототипа килограмма с копией № 26 Международного прототипа килограмма и с эталонной гирей R1 на эталонных весах-компараторе с наибольшим пределом взвешивания 1 кг, входящих в состав ГПЭ единицы массы. Перед проведением сличений производится подготовка к работе эталонных весов, их исследование, определение погрешностей и аттестация.

Государственный первичный эталон единицы массы обеспечивает высокую точность передачи единицы массы эталонам-копиям и рабочим эталонам в соответствии с ГОСТ 8.021-2015 «Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений массы».

Подтверждением высокой точности передачи размера единицы массы от национального эталона килограмма – копии № 12 стальным эталонам-копиям являются результаты Третьих международных сличений национальных эталонов единицы массы (1991-1993 гг.) и Международных круговых сличений стальных эталонов массы (1996-1997 гг.).

3.2.3. Поверочные схемы

Обеспечение правильной передачи размера единиц физической величины во всех звеньях метрологической цепи осуществляется посредством поверочных схем. Поверочная схема – это нормативный документ, устанавливающий соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы от эталона к рабочим СИ с указанием методов и погрешности при передаче. Основные положения о поверочных схемах приведены в ГОСТ 8.061–80. «ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение». Поверочные схемы делятся на государственные, ведомственные и локальные.

Государственная поверочная схема распространяется на все средства измерения данной ФВ, имеющиеся в стране. Она разрабатывается в виде государственного стандарта, состоящего из чертежа поверочной схемы и текстовой части, содержащей пояснения к чертежу.

Локальная поверочная схема распространяется на средства измерения данной ФВ, применяемые в регионе, отрасли, ведомстве или на отдельном предприятии. Они не должны противоречить государственным схемам для СИ одних и тех же величин. Они могут быть составлены при отсутствии государственной поверочной схемы. В них допускается указывать конкретные типы (экземпляры) средств измерений. Ведомственная и локальная поверочные схемы оформляют в виде чертежа, элементы которого приведены на рисунке 3.9.

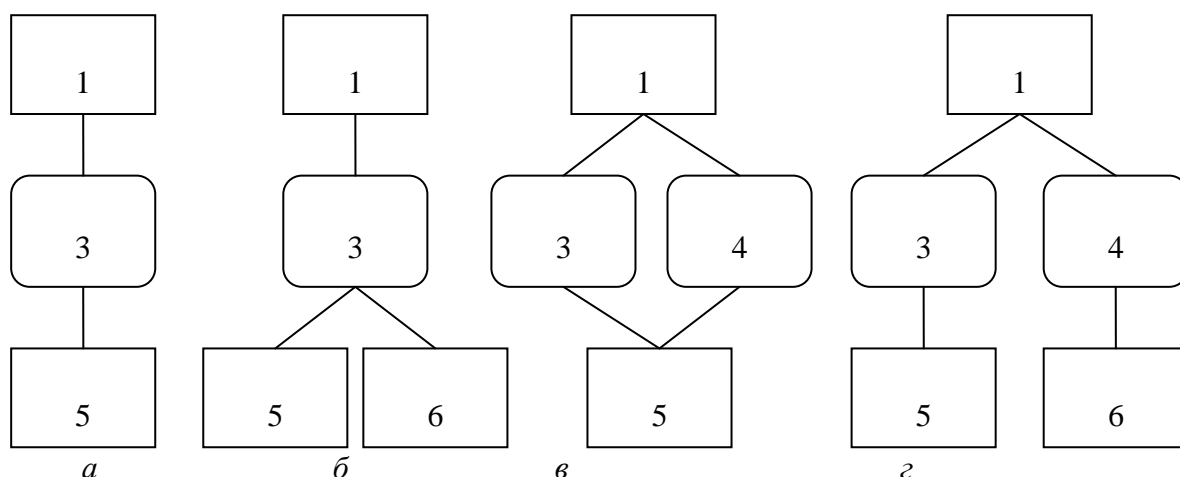


Рисунок 3.9 – Элементы графического изображения поверочных схем при передаче размера: а – от эталона 1 к объекту 5 методом 3; б – от эталона 1 к объектам поверки 5 и 6 методом 3; в – от эталона 1 к объекту поверки 5 методом 3 или 4; г – от эталона 1 к объекту поверки 5 методом 3 и объекту поверки 6 методом 4.

Поверочная схема устанавливает передачу размера единиц одной или нескольких взаимосвязанных величин. Она должна включать не менее двух ступеней передачи размера. Поверочную схему для средств измерения одной и той же величины, существенно отличающихся по диапазонам измерений, условиям применения и методам поверки, а также для средств измерений нескольких ФВ допускается подразделять на части.

На чертежах поверочной схемы должны быть указаны:

- наименования СИ и методов поверки;
- номинальные значения ФВ или их диапазоны;
- допускаемые значения погрешностей СИ;
- допускаемые значения погрешностей методов поверки.

Правила расчета параметров поверочных схем и оформления чертежей этих схем приведены в ГОСТ 8.061–80 «ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение» и в рекомендациях МИ 83–76 «Методика определения параметров поверочных схем». В поверочных схемах приводятся различные способы поверки средств измерений.

ГЛАВА 4. ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ

Согласно ГОСТ Р 40.002-2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения»:

Регистр систем качества Госстандарта России (далее - Регистр) представляет собой систему сертификации, построенную в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, правилами по сертификации, государственными стандартами, а также международными нормами и правилами в области сертификации систем качества (стандарты семейства ИСО 9000, Руководства ИСО/МЭК 2, ИСО/МЭК 62).

В Регистре осуществляют:

- сертификацию систем качества;
- сертификацию производств;
- инспекционный контроль сертифицированных систем качества и производств;
- международное сотрудничество в области сертификации систем качества с целью взаимного признания результатов сертификации.

Основные определения:

- **система качества:** Совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством.
- **модель обеспечения качества:** Описание системы качества, представленное в виде комплекса стандартизованных или выбранных требований к системе качества, объединенных для обеспечения качества продукции в конкретных условиях.
- **оценка системы качества:** Определение возможности системы качества заявителя соответствовать требованиям заявленной модели обеспечения качества согласно ГОСТ Р ИСО 9001 - ГОСТ Р ИСО 9003.
- **поставщик:** Организация или индивидуальный предприниматель, несущие ответственность за продукцию, процесс или услугу и способные гарантировать обеспечение их качества. Это определение применимо к изготовителям, предприятиям оптовой торговли, импортерам, монтажным организациям, организациям сферы услуг и т.п.
- **заявитель:** Поставщик, подавший заявку на сертификацию системы качества. Заявителем может быть отечественная или зарубежная организация, индивидуальный предприниматель.
- **организация:** Юридическое лицо, которое имеет в собственности, хозяйственном ведении или оперативном

управлении обособленное имущество и отвечает по своим обязательствам этим имуществом, может от своего имени приобретать и осуществлять имущественные и личные неимущественные права, нести обязанности, быть истцом и ответчиком в суде.

- **сертификация систем качества:** Процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая от изготовителя (продавца, исполнителя) и потребителя (покупателя) организация удостоверяет в письменной форме, что система качества соответствует установленным требованиям выбранной модели (ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО 9002 или ГОСТ Р ИСО 9003) или иным документам, определенным заявителем.

- **сертификация производства:** Процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая от изготовителя (продавца, исполнителя) и потребителя (покупателя) организация удостоверяет в письменной форме, что состояние производства соответствует установленным требованиям 4.8-4.16, 4.20 ГОСТ Р ИСО 9001 и способно обеспечить стабильность конкретных характеристик продукции или работ в соответствии с нормативными документами.

- **инспекционный контроль сертифицированной системы качества или сертифицированного производства:** Контрольная оценка соответствия, осуществляемая с целью установления, что система качества (производство) продолжает соответствовать требованиям, подтвержденным при сертификации.

- **орган по сертификации:** Третья сторона, которая оценивает и сертифицирует системы качества поставщиков на соответствие стандартам на системы качества (ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО 9002, ГОСТ Р ИСО 9003) и любой дополнительной документации, устанавливающей требования к этим системам.

- **эксперт по сертификации систем качества (сертификации производств):** Специалист, имеющий квалификацию для проведения проверки системы качества (производства) и получивший в Регистре персонала Системы сертификации ГОСТ Р сертификат на право проведения работ.

Примечания: 1 Чтобы осуществить проверку и оценку системы качества (производства), эксперт должен получить официальное назначение для проведения данной конкретной проверки. 2 Эксперт, назначенный руководителем проверки системы качества (производства), называется председателем комиссии. 3 Председатель комиссии должен иметь опыт участия не менее чем в трех полных проверках (не менее 15 дней) в качестве эксперта и обладать навыками, необходимыми для обеспечения

эффективного руководства комиссией в процессе проверки.

- **технический эксперт:** Специалист в конкретной области экономической деятельности.
- **область аккредитации органа по сертификации систем качества:** Один или несколько видов экономической деятельности, в рамках которой аккредитована конкретная организация на право проведения работ по сертификации систем качества.
- **сертификат соответствия системы качества (производства):** Документ, подтверждающий, что система качества поставщика соответствует установленным требованиям стандартов на систему качества и любой дополнительной документации, устанавливающей требования к этой системе.
- **держатель сертификата:** Поставщик, на чье имя выдан сертификат соответствия.
- **ресертификация:** Подтверждение соответствия системы качества (производства) после окончания срока действия или отмены сертификата.

Согласно пункту 4.1. ГОСТ Р 40.002-2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения»:

Деятельность Регистра направлена на достижение следующих целей:

- формирование и реализация политики в области сертификации систем качества и сертификации производств;
- удовлетворение потребностей организаций в сертификации систем качества и сертификации производств в интересах повышения конкурентоспособности продукции, расширения и завоевания рынков сбыта и др.;
- обеспечение работ по сертификации систем качества и сертификации производств при сертификации продукции в Системе сертификации ГОСТ Р;
- гармонизация деятельности по сертификации систем качества с международными нормами и правилами.

В части 5 ГОСТ Р 40.002-2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения» приведены основные принципы организации работ по сертификации систем качества и сертификации производств.

При сертификации должны быть обеспечены:

- добровольность;
- бездискриминационный доступ к участию в процессах сертификации;
- объективность оценок;
- воспроизводимость результатов оценок;

- конфиденциальность;
- информативность;
- специализация органов по сертификации систем качества;
- проверка выполнения требований, предъявляемых к продукции (услуге) в законодательно регулируемой сфере;
- достоверность доказательств со стороны заявителя соответствия системы качества (производства) нормативным требованиям.

Сертификация осуществляется только по инициативе заявителя при наличии от него письменной заявки по форме, установленной ГОСТ Р 40.003, приложение Б (при сертификации систем качества) или приложение В (при сертификации производств).

К сертификации в Регистре допускаются все заявители, подавшие заявку на сертификацию и признающие принципы, правила и требования, установленные в Регистре. Заявитель вправе выбирать орган по сертификации систем качества по своему усмотрению.

Процедуры сертификации не должны препятствовать или затруднять доступ заявителя к сертификации.

Исключается любая дискриминация заявителя (завышенная стоимость работ, неоправданная задержка по срокам, необоснованный отказ в приеме заявки и пр.). Доступ к сертификации не должен ограничиваться такими условиями, как масштаб организации заявителя или его членство в какой-либо ассоциации или группе.

Объективность оценок обеспечивается:

- независимостью органа по сертификации и привлекаемых им к работе экспертов от заявителя или других сторон, заинтересованных в результатах оценки и сертификации;
- полнотой состава комиссии экспертов (далее - комиссии). В совокупности комиссия должна обладать знаниями стандартов на систему качества, техники проверки, а также особенностей производства продукции и нормативных требований к ней. В составе комиссии должен быть специалист по проверяемому виду экономической деятельности. При необходимости в состав комиссии могут быть включены специалисты по метрологии, экономике и др.;
- компетентностью экспертов, проводящих сертификацию. Эксперты должны быть сертифицированы на право проведения сертификации систем качества или сертификации производств и зарегистрированы в Реестре экспертов Системы сертификации ГОСТ Р.

Воспроизводимость результатов проверок и оценок обеспечивается:

- применением при проведении проверок и оценок систем качества (производств) правил и процедур, основанных на единых требованиях;
- проведением проверок и оценок на основе фактических данных;
- документальным оформлением результатов проверок и оценок систем качества;
- четкой организацией системы учета и хранения документации органом по сертификации.

Орган по сертификации, его эксперты и все привлекаемые к участию в работе комиссии специалисты (в том числе стажеры) должны соблюдать конфиденциальность всей информации об организациях, полученной на всех этапах сертификации, а также выводов, характеризующих состояние системы качества (производства).

Условия соблюдения конфиденциальности информации обеспечиваются:

- для штатного персонала органа по сертификации - установлением требований соблюдения конфиденциальности в должностных инструкциях;
- конфиденциальностью приказов руководителя органа;
- для персонала, привлекаемого к работам по сертификации, - установлением требований конфиденциальности в трудовых договорах, заключаемых между органом по сертификации и привлекаемыми специалистами;
- для стажеров - установлением требований к конфиденциальности по условиям проверяемой организации.

В Регистре должна обеспечиваться ежеквартальная публикация официальной информации о сертифицированных системах качества (производствах) держателей сертификатов. Кроме того, в оперативных источниках информации (периодических изданиях Госстандарта России и его институтов) должна публиковаться текущая информация о выданных сертификатах соответствия систем качества и производств, приостановлении или отмене их действия.

Официальным источником информации по перечисленным вопросам является сводный перечень сертифицированных систем качества и производств Регистра.

Органы по сертификации должны быть специализированы по областям аккредитации в соответствии с классификацией по видам экономической деятельности, принятой в Системе сертификации ГОСТ Р. Условием для включения в область аккредитации того или иного вида экономической деятельности является наличие в органе по сертификации экспертов (собственных и/или привлекаемых) по сертификации систем

качества, по сертификации производств, по сертификации продукции, по сертификации услуг, а также технических экспертов (собственных и/или привлекаемых), специализированных по соответствующим видам экономической деятельности.

При условии предъявления к продукции (услуге) обязательных требований, устанавливаемых в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в государственных стандартах или других документах, при сертификации систем качества (сертификации производств) проверяют способность организации обеспечить соблюдение этих требований.

При сертификации систем качества орган по сертификации оценивает достоверность доказательств заявителя о выполнении требований ГОСТ Р ИСО 9001 - ГОСТ Р ИСО 9003 в зависимости от заявленной модели.

Перечень элементов по ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО 9002 или ГОСТ Р ИСО 9003 при сертификации систем качества и сертификации производств приведен в приложении А.

В разделе 6 ГОСТ Р 40.002-2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения» приведена структура Регистра, которая наглядно представлена на рисунке 6.1.

Структура Регистра включает следующих участников:

- Госстандарт России;
- Технический центр Регистра;
- Совет по сертификации систем качества и сертификации производств;
- комиссию по апелляциям;
- Научно-методический центр Регистра;
- органы по сертификации систем качества;
- держателей сертификатов.



Рисунок 6.1 – Структура Регистра

Распределение функций между участниками Регистра:

1. Госстандарт России (структурное подразделение, на которое в соответствии с Положением о его деятельности возложена ответственность за организацию работ по сертификации):

- определяет структуру Регистра, включая разработку инфраструктуры органов по сертификации систем качества;
- обеспечивает совершенствование структуры и деятельности Регистра;
- формирует политику, принимает принципиальные решения и координирует работу Регистра;
- рассматривает и подготавливает к утверждению руководством нормативные документы Регистра;
- рассматривает основные правила функционирования Регистра;
- осуществляет контроль деятельности Регистра;
- при необходимости принимает участие в работе комиссии по апелляциям.

2. Технический центр Регистра:

- подготавливает предложения по вопросам, предусмотренным п. 1;
- организует по поручению Госстандарта России аккредитацию и инспекционный контроль органов по сертификации систем качества;
- участвует в аккредитации органов по сертификации систем качества;
- участвует в инспекционном контроле органов по сертификации систем качества;
- участвует в сертификации экспертов;
- ведет сводный перечень сертифицированных систем качества и сертифицированных производств в рамках Регистра;
- организует публикацию официальной информации о выданных сертификатах соответствия систем качества и сертификатах соответствия производств, о приостановлении или отмене действия сертификатов соответствия;
- представляет соответствующую информацию о сертифицированных системах качества и сертифицированных производствах Госстандарту России, заинтересованным организациям, органам по сертификации;
- осуществляет сбор и анализ информации о работе Регистра;

- организует изготовление, учет, распределение и контроль использования в органах по сертификации бланков сертификатов соответствия;
- по поручению Госстандарта России и согласованию с Научно-методическим центром Регистра осуществляет пропаганду и распространение научно-технических знаний в области сертификации систем качества и сертификации производств;
- взаимодействует с Советом по сертификации систем качества и сертификации производств, комиссией по апелляциям, Научно-методическим центром Регистра и органами по сертификации систем качества;
- устанавливает по согласованию с Госстандартом России контакты и взаимодействует с национальными и международными организациями по вопросам, входящим в компетенцию Технического центра Регистра.

3. Совет по сертификации систем качества и сертификации производств:

- рассматривает проекты нормативных и организационно-методических документов в области сертификации систем качества и сертификации производств, готовит предложения по их совершенствованию, изменениям и дополнениям;
- разрабатывает, при необходимости, рекомендации по совершенствованию деятельности участников Регистра;
- рассматривает и готовит рекомендации по направлениям международного сотрудничества в области сертификации систем качества и сертификации производств.

Совет формируется из представителей организаций, заинтересованных в развитии деятельности по сертификации систем качества (Технический центр Регистра, Научно-методический центр Регистра, руководители отдельных органов по сертификации, изготовители, исполнители, потребители и др.).

Совет имеет статус совещательного органа.

4. Комиссия по апелляциям:

- рассматривает жалобы, связанные с деятельностью органов по сертификации, экспертов, заявителей, держателей сертификатов по вопросам сертификации, инспекционного контроля, приостановления или отмены действия сертификатов и по другим вопросам.

В состав комиссии могут быть включены представители Технического центра Регистра, Научно-методического центра Регистра, органов по сертификации систем качества и др.

Комиссия по апелляциям действует в соответствии с положением, утвержденным Госстандартом России.

5. Научно-методический центр Регистра:

- организует и принимает участие в разработке нормативных и организационно-методических документов по сертификации систем качества и сертификации производств;
- разрабатывает учебные программы для подготовки экспертов по сертификации систем качества и экспертов по сертификации производств;
- формирует и ведет банк нормативных и организационно-методических документов по сертификации систем качества и сертификации производств;
- обеспечивает функционирование автоматизированной информационной подсистемы "Сертификация" автоматизированной системы обработки информации по стандартизации, метрологии и сертификации (АСОИ) Госстандарта России;
- информирует органы по сертификации систем качества и заинтересованные организации о нормативных и методических документах, а также информационных материалах в области сертификации систем качества и сертификации производств;
- осуществляет пропаганду и распространение научно-технических знаний в области сертификации систем качества и сертификации производств;
- взаимодействует с Советом по сертификации систем качества и сертификации производств, комиссией по апелляциям, Техническим центром Регистра;
- участвует в работе технических комитетов ИСО (по принадлежности) и других международных организациях.

Научно-методический центр организуется на базе ВНИИС и имеет соответствующие секции (по машиностроению, метрологии и др.), организованные на базе ведущих институтов Госстандарта России.

6. Орган по сертификации систем качества:

- проводит оценку и сертификацию систем качества и сертификацию производств в соответствии с требованиями настоящего стандарта и ГОСТ Р 40.003;
- обеспечивает проведение сертификации систем качества и сертификации производств только в рамках своей области аккредитации;
- принимает решения по сертификации в пределах, соответствующих его области аккредитации;

- обеспечивает принятие окончательного решения по результатам сертификации лицом или лицами, не участвующими в процессе оценки системы качества;
- оформляет и регистрирует сертификаты соответствия системы качества и сертификаты соответствия производства установленных образцов;
- выдает сертификаты соответствия системы качества или сертификаты соответствия производства заявителям;
- ведет реестр сертифицированных систем качества и реестр сертифицированных производств. Представляет официальную информацию по данным вопросам в Технический центр Регистра для учета и публикации;
- обеспечивает инспекционный контроль сертифицированных систем качества и сертифицированных производств в соответствии с ГОСТ Р 40.005;
- направляет в органы по сертификации продукции, выдавшие сертификаты по 5-й или 6-й схеме, акты инспекционного контроля сертифицированных систем качества или сертифицированных производств, а также уведомляет их о приостановлении или отмене действия сертификатов;
- несет ответственность за свои решения о выдаче, подтверждении, приостановлении и отмене действия сертификатов, а также расширении или сужении области сертификации;
- обеспечивает конфиденциальность информации, полученной в ходе проведения сертификации и инспекционного контроля;
- обеспечивает рассмотрение апелляций, жалоб и разногласий заявителей и держателей сертификатов до их передачи в комиссию по апелляциям;
- разрабатывает и совершенствует документы системы качества органа по сертификации;
- соблюдает условия выдачи, подтверждения, приостановления и отмены действия сертификатов, а также расширения и сужения области сертификации, принятые в Регистре;
- поддерживает систему регистрации данных, подходящую для его конкретных условий и соблюдения действующего законодательства;
- обеспечивает повышение профессионального уровня экспертов;
- предоставляет по требованию заявителя документально оформленные процедуры по 2.1.5.4 ГОСТ Р ИСО/МЭК 62;
- предоставляет любые необходимые разъяснения заявителю по заявке на сертификацию;

- осуществляет контроль за использованием знаков соответствия системы качества;
- взаимодействует с Техническим центром Регистра, комиссией по апелляциям Регистра, Научно-методическим центром Регистра и другими организациями, в том числе международными, в области сертификации.

Орган по сертификации не должен предоставлять консультационные услуги, обеспечивающие последующую сертификацию.

7. Держатель сертификата:

- обеспечивает стабильность эффективного функционирования систем качества (производств);
- обеспечивает необходимые условия для проведения инспекционного контроля, ресертификации и рассмотрения жалоб, включая доступ к документации и во все подразделения организации, регистрируемым данным (в том числе к актам о проведении внутренних проверок качества) и персоналу;
- использует сертификат только применительно к той области, которая определена в сертификате;
- в случае приостановления или отмены действия сертификата прекращает использование всех рекламных материалов, содержащих любые ссылки на сертификат, и по требованию органа по сертификации возвращает ему сертификат;
- может делать ссылки на наличие сертификата в средствах информации, брошюрах или рекламных материалах в соответствии с требованиями Регистра;
- при инспекционном контроле и ресертификации представляет органу по сертификации достоверные доказательства, подтверждающие выполнение требований по ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО 9002 или ГОСТ Р ИСО 9003, в зависимости от принятой модели или по иным документам;
- информирует орган по сертификации об изменениях (в структурной схеме, конструкции изделий, технологии или условий изготовления и др.), существенно влияющих на качество выпускаемой продукции;
- осуществляет корректирующие и предупреждающие действия по результатам инспекционного контроля и ресертификации;
- назначает полномочных представителей для решения всех вопросов, связанных с проведением инспекционного контроля и ресертификации;
- в установленные сроки оплачивает все расходы, связанные с инспекционным контролем и ресертификацией сертифицированных систем качества и сертифицированных производств;

- не использует сертификат и документы по сертификации (акты о проверке и пр. или какую-либо их часть, а также знак соответствия) таким образом, чтобы это могло дискредитировать орган по сертификации и вводить в заблуждение при применении сертификатов и знаков соответствия, используемых в рекламе, каталогах и т.д.

ГЛАВА 5. ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0-2015 «Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Основные положения» и ГОСТ 1.2-2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены».

Для рассмотрения основных терминов обратимся к ГОСТ 1.1-2002 «Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения»:

- **стандартизация:** Деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих или потенциальных задач.

Примечания: 1 Главным образом эта деятельность проявляется в процессах разработки, опубликования и применения стандартов. 2 Важнейшими результатами деятельности по стандартизации являются повышение степени соответствия продукции, процессов и услуг их функциональному назначению, устранение барьеров в торговле, содействие научно-техническому сотрудничеству и достижение иных целей стандартизации, в том числе обеспечение безопасности, охраны окружающей среды, совместимости, взаимозаменяемости, унификации, защиты продукции, единства измерений, взаимопонимания, обороноспособности и мобилизационной готовности.

- **объект стандартизации:** Продукция, процесс или услуга, подлежащие или подвергшиеся стандартизации.

Примечания: 1 Под объектом стандартизации в широком смысле понимают продукцию, процесс или услугу, которые в равной степени относятся к любому материалу, компоненту, оборудованию, системе, их совместимости, правилу, процедуре, функции, методу или деятельности. 2 Стандартизация может ограничиваться определенными аспектами любого объекта. Например, применительно к обуви размеры и критерии прочности могут быть стандартизованы отдельно. 3 Услуга как объект стандартизации охватывает услуги для населения, включая условия обслуживания, а также производственные услуги для предприятий и организаций.

- **аспект стандартизации:** Краткое выражение обобщенного содержания устанавливаемых стандартом положений.

Примечание - Аспект стандартизации указывают в наименовании стандарта в виде подзаголовка.

- **область стандартизации:** Совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации.

Примечание - Областью стандартизации, например, можно считать машиностроение, транспорт, сельское хозяйство, величины и единицы величин.

- **уровень стандартизации:** Участие в деятельности по стандартизации с учетом географического, политического или экономического признаков.
- **международная стандартизация:** Стандартизация, участие в которой открыто для национальных органов по стандартизации всех стран мира.
- **региональная стандартизация:** Стандартизация, участие в которой открыто для национальных органов по стандартизации стран только одного географического, политического или экономического региона мира.
- **межгосударственная стандартизация:** Региональная стандартизация, проводимая на уровне Содружества Независимых Государств, правительства которых заключили Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации в этих областях деятельности, а национальные органы по стандартизации образовали Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС).

Примечание - В дальнейшем возможно расширение уровня межгосударственной стандартизации по географическому или экономическому признаку (за счет государств, сопредельных со странами СНГ или связанными с ними экономически) при условии присоединения государства к указанному Соглашению и вступления национального органа по стандартизации в ЕАСС (см. п. 3.1.3.1 ГОСТ 1.1-2002 «Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения»).

- **национальная стандартизация:** Стандартизация, проводимая на уровне одной конкретной страны.
- **государственная стандартизация:** Национальная стандартизация, проводимая на уровне одной страны - участницы Соглашения о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации в этих областях деятельности.

Примечание - Термин "государственная стандартизация" употребляют, когда необходимо подчеркнуть, что выражаемое им понятие не относится к стандартизации, которая проводится в

странах, не участвующих в указанном Соглашении. В остальных случаях употребляют более общий термин "национальная стандартизация".

- **Межгосударственная система стандартизации:** Совокупность организационно-методических мер, которые направлены на разработку и применение межгосударственных стандартов с целью обеспечения проведения согласованной деятельности в области стандартизации, осуществляемой на основе соответствующего Соглашения.

Примечание - Указанные в определении меры базируются на межгосударственных стандартах, входящих в соответствующую систему, а также на правилах и рекомендациях по межгосударственной стандартизации, дополняющих и конкретизирующих эти стандарты.

В части 3 ГОСТ 1.1-2002 «Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения» описаны органы, ответственные за стандарты и регламенты:

- **орган по стандартизации:** Занимающийся стандартизацией орган, признанный на национальном, региональном или международном уровнях, основная функция которого, согласно его статусу, заключается в разработке и/или принятии стандартов, доступных широкому кругу пользователей.

Примечание - Орган по стандартизации может выполнять и другие основные функции.

- **национальный орган по стандартизации:** Орган по стандартизации, признанный на национальном уровне, который имеет право представлять интересы страны в области стандартизации в соответствующей международной или региональной организации по стандартизации.

Примечания: 1 Примером национального органа по стандартизации является DIN (Deutsches Institut Normung ГОСТ 1.1-2002 Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения). 2 В государственной стандартизации наряду с термином "национальный орган по стандартизации" для данного понятия может применяться также термин "государственный орган исполнительной власти по стандартизации", а при необходимости конкретизации - краткое официальное наименование этого органа, например, Госстандарт Республики Беларусь.

- **международная организация по стандартизации:** Организация по стандартизации, членство в которой открыто для соответствующего национального органа любой страны мира.

Примечание - Международными организациями по стандартизации являются: ИСО (Международная организация по стандартизации,

ISO, the International Organization for Standardization), МЭК (Международная электротехническая комиссия, IEC, the International Electrotechnical Commission) и МСЭ (Международный союз электросвязи, ITU, the International Telecommunication Union), которые формируют специализированную систему всемирной стандартизации.

- **региональная организация по стандартизации:** Организация по стандартизации, членство в которой открыто для соответствующего национального органа любой страны, но только одного географического, политического или экономического региона мира.

Примечание - Примерами региональных организаций по стандартизации являются: СЕН (Европейский комитет по стандартизации, CEN, European Committee for Standardization, ГОСТ 1.1-2002 Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения ГОСТ 1.1-2002 Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения de Normalisation) и СЕНЭЛЕК (Европейский комитет по стандартизации в электротехнике, CENELEC, European Committee for Electrotechnical Standardization, ГОСТ 1.1-2002 Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения ГОСТ 1.1-2002 Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения de Normalisation Electrotechnicale).

- **Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, ЕАСС:** Региональная организация по стандартизации, членами которой являются национальные органы по стандартизации стран, входящих в Содружество Независимых Государств, и могут стать национальные органы по стандартизации других стран в случае присоединения к Соглашению о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации в этих областях деятельности, а также признания установленных в соответствующих основополагающих межгосударственных стандартах основных целей, принципов и порядка проведения работ в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации.
- **технический комитет по стандартизации:** Общественное объединение заинтересованных предприятий, организаций, органов власти, в том числе национальных органов по стандартизации, которое создано на добровольной основе для разработки государственных, межгосударственных, международных и региональных стандартов, а также для проведения подготовительных и вспомогательных работ в области государственной, межгосударственной, международной и региональной

стандартизации по закрепленным объектам стандартизации или областям деятельности.

- **межгосударственный технический комитет по стандартизации:** Рабочий орган Евразийского совета по стандартизации, метрологии и сертификации, созданный для разработки межгосударственных стандартов, а также проведения подготовительных и вспомогательных работ по межгосударственной и региональной стандартизации по закрепленным за ним объектам стандартизации или областям деятельности.
- **технический комитет международной организации по стандартизации:** Рабочий орган международной организации по стандартизации, созданный для разработки международных стандартов в закрепленных за ним областях деятельности.
- **орган государственного надзора за стандартами:** Национальный орган по стандартизации или специально уполномоченный государственный орган исполнительной власти, который осуществляет в пределах, установленных действующим в стране законодательством, государственный надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов и межгосударственных стандартов, введенных в действие на территории данного государства.

Примечание - В некоторых странах этот орган может также выполнять функции государственного контроля за стандартами.

- **служба стандартизации:** Структурно выделенное подразделение органа исполнительной власти или субъекта хозяйствования, которое обеспечивает организацию и проведение работ по стандартизации в пределах компетенции, установленной действующим в стране законодательством для соответствующего органа исполнительной власти или субъекта хозяйствования.
- **регламентирующий орган власти:** Орган власти, ответственный за разработку или принятие регламентов.
- **исполнительный орган по регламентам:** Орган власти, ответственный за обеспечение выполнения регламентов.

Примечание - Исполнительный орган по регламентам может иногда выполнять функции и регламентирующего органа власти.

В части 5 ГОСТ 1.1-2002 «Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения» представлены виды стандартов.

Важное замечание: Включенные в данный раздел термины и определения не следует рассматривать как систематизированную классификацию видов стандартов или их исчерпывающий перечень. Здесь приведены только некоторые из общих видов стандартов. Причем эти виды не являются взаимоисключающими. Например, конкретный стандарт

на продукцию может рассматриваться и как стандарт на методы контроля, если в нем установлены методы контроля за соблюдением технических требований к данной продукции.

Вид стандарта: Характеристика стандарта, определяющаяся его содержанием в зависимости от объекта стандартизации.

Основополагающий стандарт: Стандарт, имеющий широкую область распространения и/или содержащий общие положения для определенной области деятельности.

Примечание: 1 Основополагающие стандарты устанавливают общие организационно-методические положения для определенной области деятельности и/или общетехнические требования и правила, обеспечивающие взаимопонимание, техническое единство и взаимосвязь различных областей науки, техники и производства в процессах создания и использования продукции, охрану окружающей среды, безопасность продукции, процессов и услуг для жизни и здоровья людей, имущества физических, юридических лиц, государства, и/или другие общетехнические требования. 2 Основополагающий стандарт может применяться непосредственно в качестве стандарта или служить основой для разработки других стандартов и иных нормативных или технических документов.

Стандарт на термины и определения: Стандарт, устанавливающий термины, к которым даны определения, содержащие необходимые и достаточные признаки понятия.

Примечание - В некоторых случаях определения могут отсутствовать и/или могут быть приведены примечания, иллюстрации, буквенные обозначения.

Стандарт на продукцию: Стандарт, устанавливающий требования, которым должна удовлетворять продукция или группа однородной продукции, с тем чтобы обеспечить ее соответствие своему назначению.

Примечания: 1 Стандарт на продукцию может включать, кроме требований соответствия назначению, непосредственно или с помощью ссылки такие аспекты, как термины и определения, классификация, безопасность, экологичность, порядок приемки, методы контроля, требования к маркировке, упаковке, транспортированию и хранению, а иногда технологические или эксплуатационные требования. 2 Стандарт на продукцию может содержать полную номенклатуру требований к ней или устанавливать только часть требований к продукции, например только конструктивные требования, типы, основные параметры и/или размеры.

Стандарт на процесс: Стандарт, устанавливающий требования, которым должен удовлетворять процесс, с тем чтобы обеспечить соответствие процесса его назначению.

Стандарт на услугу: Стандарт, устанавливающий требования, которым должна удовлетворять услуга или группа однородных услуг, с тем чтобы обеспечить соответствие услуги ее назначению.

Примечание - Стандарты могут быть разработаны на материальные и иные услуги в различных областях (например, социально-культурные услуги, бытовое обслуживание населения, общественное питание, туристско-экскурсионное обслуживание, жилищно-коммунальное хозяйство, транспорт, автосервис, связь, страхование, банковское дело, торговля, научно-техническое и информационно-рекламное обслуживание и прочие сферы деятельности).

Стандарт на методы контроля: Стандарт, устанавливающий методы, способы, приемы, методики проведения испытаний, измерений и/или анализа.

Стандарт на совместимость: Стандарт, устанавливающий требования, которые касаются совместимости различных объектов стандартизации.

Примечание - Например, совместимости изделий или систем в местах их сочленения.

Стандарт на номенклатуру показателей: Стандарт, содержащий перечень показателей, для которых значения или характеристики должны быть указаны при установлении требования к продукции, процессу или услуге в других нормативных или технических документах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозировать развитие науки и техники – занятие, определенно, интересное, но далеко неновое. Многие научно-исследовательские институты сталкивались с ситуацией, требующей составить прогноз на пять-десять лет вперед. Какой в этом смысл? Точность такого прогноза примерно соответствует точности прогноза погоды. Однако, при условии составления такого прогноза учеными, работающими на передовом крае науки и возглавляющими отдельные направления в мировом масштабе, прогноз играет положительную роль в планировании тематики исследований и их финансирования.

Заглянуть на десять лет вперед и предсказать, какой будет метрология после 2020 года, данная задача была поставлена перед учеными национальной физической лаборатории (НФЛ, Англия).

Чтобы разработать такой прогноз необходимо было хорошо знать состояние измерений в различных областях, оценить технические новинки, которые будут широко доступны в ближайшие десять лет, приоритеты и требования современных потребителей, а также влияние метрологии и системы единиц на развитие науки. Прогноз опубликован на сайте НФЛ. Приведем краткое введение к этому интересному документу. Полную версию см. по ссылке: <http://www.npl.co.uk/2020vision/>

Стремительное развитие науки и техники ограничивается возможностями метрологии. Это приводит к необходимости внедрения новых методов измерений за границами сегодняшних возможностей.

Например, измерения в диапазоне шкал длины от атомных до очень больших, измерения свойств и характеристик в диапазонах шкал времени от аттосекунд (физическая единица измерения времени, равная одной квинтиллионной доле (10⁻¹⁸) секунды) до тысячелетий, измерения в сложных и агрессивных средах и в условиях реального мира, измерения в условиях быстроменяющейся среды.

Внедрение мультисенсорных и мультиузловых измерений даст развитие сетевому обмену информацией с использованием всемирной паутины, благодаря чему объекты измерений можно будет связать в единую глобальную сеть. Это станет возможным из-за новых возможностей в компьютерных, программных и коммуникационных технологиях, появятся новые средства измерений и сенсоры, выполненные на основе квантовых, био- и нано- технологий, соединенные в измерительную цепь, датчики и системы будут интеллектуальными, т.е. смогут калиброваться через сетевые подключения путем синтеза данных, что приведет к новой интерпретации понятия прослеживаемости через систему.

Способность к измерению будет встраиваться в самое сердце продуктов и систем.

Отдельно отметим, что результат любого измерения заслуживает внимания в том случае, когда он сопровождается оценкой погрешности измерения. С другой стороны, важно не только уметь выполнять измерения и оценивать погрешность результата измерения, но и планировать, а также осуществлять процедуру измерения с целью обеспечения требуемой точности, чтобы свести погрешности к минимуму.

Материал, приведенный в данном учебном пособии должен стать фундаментом, на основе которого студент получит, и будет непрерывно совершенствовать знания в области метрологии, стандартизации и сертификации.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определите основное понятие и предмет метрологии.
2. Укажите три раздела метрологии. По какому признаку проводится классификация разделов метрологии?
3. Что отличает метрологию от других естественных наук (физики, химии)?
4. Дайте определение физической величины. Приведите примеры физических величин, относящихся к механике, оптике, электричеству, магнетизму.
5. Что является качественной характеристикой физической величины?
6. Что является количественной характеристикой физической величины?
7. Используя основное уравнение измерения, объясните, почему значение физической величины не зависит от выбора единиц измерений?
8. В чем заключается суть измерения?
9. Поясните суть и отличия возможных способов сравнения между собой двух размеров Q_i и Q_j : $Q_i > Q_j$; $Q_i - Q_j = \Delta Q_{ij}$; $\frac{Q_i}{Q_j} = x_{ij}$.
10. Является ли шкала наименований шкалой физических величин?
11. Объясните, почему на шкале порядка невозможно ввести единицу измерения.
12. Назовите наиболее универсальные способы описания случайных величин.
13. Опишите формирование закона распределения плотности вероятностей случайной величины.
14. Запишите условие нормирования дифференциального закона распределения случайной величины.
15. Запишите вероятность P попадания случайной величины x в интервал от x_1 до x_2 при известном дифференциальном законе распределения $f(x)$.
16. Дайте определение интегральной функции распределения, приведите ее график и перечислите основные свойства.
17. Поясните суть различных способов нахождения центра распределения случайной величины.
18. Какие способы нахождения центра распределения случайной величины наиболее чувствительны к наличию промахов.
19. Запишите формулы для начальных и центральных моментов распределений дискретных и непрерывных случайных величин.
20. Что характеризует дисперсия случайной величины?

21. Определите точечную оценку математического ожидания случайной величины.
22. Является ли точечная оценка дисперсии несмещенной и состоятельной. Приведите формулу для точечной оценки дисперсии.
23. Приведите формулу для оценки СКО. Как связаны СКО и рассеяние результатов наблюдений?
24. Определите характеристики нормального закона распределения, согласно центральной предельной теореме теории вероятностей. Приведите формулу для распределения Гаусса.
25. Перечислите виды распределений случайных величин, для числовых оценок которых можно использовать предельную погрешность.
26. Дайте определение квантильной оценки погрешности.
27. Что означает утверждение, что доверительному интервалу $\pm 3\sigma$ соответствует доверительная вероятность $P = 0,997$?
28. Каким образом осуществляется суммирование статистически независимых отдельных составляющих случайных погрешностей?
29. В чем заключается недостаток оценивания случайных погрешностей доверительным интервалом?
30. Дайте определение понятию грубая погрешность. Назовите причины её возникновения.
31. Поясните суть критериев выявления грубых погрешностей: критерий «трех сигм», критерий Романовского, вариационный критерий Диксона.
32. Почему нельзя считать измерением определение значений величин с помощью шкал порядка?
33. Поясните, от каких величин зависит выбор начала отсчета на шкале интервалов. Приведите примеры шкал интервалов.
34. Можно ли определить размер физической величины с помощью шкал порядка?
35. Каким образом устанавливаются единицы измерений в шкалах отношений?
36. Поясните, почему абсолютные шкалы не зависят от принятой системы единиц измерения.
37. Дайте определение системы единиц ФВ.
38. Проведите классификацию ФВ по степени условной независимости от других величин данной группы ФВ.
39. Приведите примеры основных и производных ФВ.
40. Дайте определение кратных и дольных единиц. Приведите примеры.
41. Можно ли определить истинное значение измеряемой величины?
42. Запишите формулу для определения погрешности результата измерения.
43. Проведите классификацию погрешностей измерений в зависимости от характера проявления.

44. Отличаются ли признаки классификации погрешностей результатов измерений и погрешностей средств измерений?
45. Наблюдается ли какая-нибудь закономерность в появлении случайных погрешностей измерений?
46. Каким образом можно существенно уменьшить случайные погрешности измерений? Можно ли совсем устранить случайные погрешности?
47. Можно ли устранить систематические погрешности?
48. Может ли систематическая погрешность измерения изменяться при повторных измерениях одной и той же физической величины?
49. Может ли абсолютная погрешность измерений в полной мере служить показателем точности измерений?
50. Как изменяется относительная погрешность измерений с уменьшением действительного или измеренного значения измеряемой величины?
51. Укажите причины возникновения погрешности метода измерений.
52. Можно ли устранить прогрессирующие погрешности?
53. Погрешность метода измерений по характеру проявления относится к систематической или случайной погрешности?
54. Укажите причины возникновения дополнительной погрешности средства измерений.
55. Чем обусловлено наличие динамической погрешности средства измерения?
56. Приведите классификацию погрешностей измерения по зависимости абсолютной погрешности от значений измеряемой величины.
57. Что характеризует термин «неопределенность измерения»?
58. Укажите два типа неопределенности измерений в соответствии со способом оценки их численного значения.
59. Назовите причины разработки новой концепции представления результатов измерений и введения нового термина «неопределенность измерения».
60. Определите чему равна предельная погрешность, обусловленная округлением.
61. Дайте определение понятию «систематическая погрешность измерения».
62. Поясните особенности влияния систематических погрешностей на результат измерения.
63. Определите основные составляющие процесса измерения, влияющие на оценку систематических погрешностей.
64. По каким двум признакам принято классифицировать систематические погрешности?
65. Проведите классификацию систематических погрешностей измерения в зависимости от характера измерения.

66. Укажите отличия и приведите примеры следующих разновидностей систематических погрешностей: постоянных, прогрессивных, периодических и погрешностей, изменяющихся по сложному закону.
67. Проведите классификацию систематических погрешностей измерения в зависимости от причин возникновения.
68. Укажите отличия и приведите примеры следующих разновидностей систематических погрешностей: инструментальная, погрешность метода измерений, погрешность (измерения) из-за изменения условий измерения, субъективная (личная).
69. Назовите способ выявления постоянных инструментальных погрешностей СИ.
70. Чем обусловлена погрешность метода измерений.
71. Поясните, что такое неисключенная систематическая погрешность и определите правила определения её границ.
72. Определите пути исключения и учета влияния систематических погрешностей.
73. Определите методы устранения постоянных систематических погрешностей.
74. Приведите примеры применения метода измерений замещением для устранения постоянных систематических погрешностей.
75. Приведите примеры применения метода измерений противопоставлением для устранения постоянных систематических погрешностей.
76. Приведите примеры измерения с помощью метода компенсации погрешности по знаку для устранения постоянных систематических погрешностей.
77. Объясните область применения, достоинства методов противопоставления и симметричных наблюдений при исключении систематических погрешностей.
78. Определите методы устранения переменных и монотонно изменяющихся систематических погрешностей.
79. Определите специальные статистические методы устранения систематических погрешностей.
80. Определите исключение систематических погрешностей путем введения поправок. Приведите примеры.
81. Определите суть понятия «единство измерений».
82. Какие задачи метрологии охватывает понятие «единство измерений»?
83. Какими документами регламентируется деятельность по обеспечению единства измерений?
84. Каким образом достигается тождественность единиц, в которых проградуированы все существующие СИ одной и той же величины?
85. Каким образом осуществляется воспроизведение основной единицы?
86. Что является технической основой обеспечения единства измерений?

87. Совпадает ли перечень существующих эталонов и перечень принятых ФВ?
88. Какими признаками должен обладать эталон? Поясните суть этих признаков.
89. Перечислите основные виды эталонов. В чем состоит их различие?
90. Какие эталоны являются высшим звеном эталонной базы страны?
91. Опишите современный эталон единицы длины – метр.
92. Что представляет собой эталон единицы массы – килограмм?
93. Приведите определение секунды.
94. Назовите основные виды измерений.
95. Всегда ли можно провести прямые измерения?
96. Приведите примеры прямых, косвенных, совокупных и совместных измерений.
97. Что является целью совместных измерений?
98. Перечислите основные методы измерений.
99. Объясните, чем нулевой метод измерения отличается от дифференциального метода. В чем заключается преимущество нулевого метода перед дифференциальным методом?
100. Укажите, какой метод измерения позволяет получить результат высокой точности при использовании относительно грубых средств измерения.
101. Дайте определение термину «стандартизация».
102. Назовите общие цели стандартизации.
103. Приведите определение аспекта стандартизации.
104. Назовите 5 аспектов стандартизации конкретной продукции.
105. Какие можно выделить уровни стандартизации?
106. При стандартизации на каком уровне участие открыто для любой страны?
107. Какой уровень стандартизации используется в одном государстве?
108. Что такое предварительный стандарт?
109. Какая организация принимает регламент?
110. Назовите три вида стандартизации.
111. Что называется симплификацией?
112. Какую форму стандартизации используют для уменьшения числа типов, видов объектов?
113. Является ли типизация разновидностью стандартизации?
114. Перечислите разновидности нормативных документов по стандартизации
115. Является ли ТУ нормативным документом по стандартизации?
116. Как называется стандарт конкретной отрасли?
117. Как называется международная организация по стандартизации?
118. Является ли МЭК (IEC) организацией по стандартизации?
119. Расшифруйте аббревиатуры: ИСО, МЭК, МСЭ.

120. Назовите основные задачи государственного надзора и контроля в области стандартизации.
121. Дайте определение термину «стандартизация».
122. Назовите общие цели стандартизации.
123. Приведите определение аспекта стандартизации.
124. Назовите 5 аспектов стандартизации конкретной продукции.
125. Какие можно выделить уровни стандартизации?
126. При стандартизации на каком уровне участие открыто для любой страны?
127. Какой уровень стандартизации используется в одном государстве?
128. Что такое предварительный стандарт?
129. Какая организация принимает регламент?
130. Назовите три вида стандартизации.
131. Что называется симплификацией?
132. Какую форму стандартизации используют для уменьшения числа типов, видов объектов?
133. Является ли типизация разновидностью стандартизации?
134. Перечислите разновидности нормативных документов по стандартизации
135. Является ли ТУ нормативным документом по стандартизации?
136. Как называется стандарт конкретной отрасли?
137. Как называется международная организация по стандартизации?
138. Является ли МЭК (IEC) организацией по стандартизации?
139. Расшифруйте аббревиатуры: ИСО, МЭК, МСЭ.
140. Назовите основные задачи государственного надзора и контроля в области стандартизации.
141. Дайте определение термину «сертификации».
142. Назовите цели сертификации.
143. Может ли СИ быть объектом сертификации?
144. Является ли добровольная сертификация составной частью обязательной?
145. Как называется документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, стандартов?
146. Верно ли утверждение: «сертификация на территории РФ является только обязательной»?
147. Приведите определение органа сертификации.
148. Что такое знак соответствия?
149. Как называется совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом?
150. Что вы понимаете под аккредитацией?
151. Какая наука занимается измерением и количественной оценки качества всевозможных предметов и процессов?
152. Из каких частей состоит квалиметрия?

153. Дайте определение качеству.
154. Что отражают эргономические показатели качества?
155. Какие показатели качества определяет надежность?
156. Назовите 4 объективных метода определения качества.
157. В какую группу методов определения качества входит экспертный метод?
158. Назовите метод определения качества, основанный на получении информации расчетом.
159. Дайте определение эксперта.
160. На чем основан социологический метод определения качества?

ВОПРОСЫ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

1. По способу получения результата, измерения подразделяют на ...
 - а) абсолютные, допусковые, относительные;
 - б) контактные и бесконтактные;
 - в) прямые и косвенные;
 - г) технические и лабораторные.
2. Всего существует _____ основных единиц величин
 - а) 5 шт.;
 - б) 6 шт.;
 - в) 7 шт.;
 - г) 8 шт.
3. Совокупность функционально и конструктивно объединенных средств измерений и других устройств в одном месте для рационального решения задачи измерений или контроля называют ...
 - а) измерительным прибором;
 - б) измерительной установкой;
 - в) информационно-измерительной системой;
 - г) информационно-вычислительным комплексом.
5. Истинные значения измеряемых физических величин – это...
 - а) приближенные оценки значений величин, найденные опытным путем;
 - б) значения, идеально отражающие свойства данного объекта как количественно, так и качественно;
 - в) совокупность большого числа факторов, действующих на процесс измерения;
 - г) значения, зависящие от метода измерения и технических средств измерения.
6. Что из нижеперечисленного организует метрологическая служба предприятия?
 - а) приемочный контроль;
 - б) входной контроль;
 - в) поверку средств измерений;
 - г) операционный контроль.
7. Для чего предназначены вторичные эталоны (эталон-копии)?
 - а) передачи размера единицы величины от рабочих эталонов рабочим средствам измерения;
 - б) передачи размера единицы величины от первичных эталонов рабочим эталонам;
 - в) градуировки и поверки рабочих средств измерений;
 - г) воспроизведения величины определенного размера.

8. Состояние измерений, когда их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы – это ...

- а) стандартная метрология;
- б) измерительный порядок;
- в) единство измерений;
- г) метрологическая система.

9. Что является качественной характеристикой физической величины?

- а) постоянство во времени;
- б) погрешность измерения;
- в) размер;
- г) размерность.

10. Какая поверка проводится при выпуске средств измерений из производства или после ремонта?

- а) экспертная;
- б) очередная;
- в) периодическая;
- г) первичная.

11. Что не является существенным признаком эталона?

- а) сличаемость;
- б) неизменность;
- в) воспроизводимость;
- г) конкурентоспособность.

12. Совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений – это ...

- а) система сертификации;
- б) служба автоматизации;
- в) метрологическая служба;
- г) служба стандартизации.

13. Какой статус имеет орган, проводящий подтверждение соответствия?

- а) консультанта;
- б) первого лица (производителя);
- в) третьего лица;
- г) второго лица (потребителя).

14. В каком порядке осуществляется процедура аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (укажите порядковый номер)?

- а) проведение экспертизы на месте;
- б) анализ материалов экспертизы и принятие решения об аккредитации;
- в) представление организацией заявителем заявки и других документов на аккредитацию;
- г) оформление и выдача аттестата аккредитации;
- д) анализ заявочных документов в органе по аккредитации.

15. На основе каких принципов осуществляется аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (укажите не менее 2-ух вариантов)?

- а) недопустимость внебюджетного финансирования;
- б) компетентность и независимость органов, осуществляющих аккредитацию;
- в) открытость и доступность правил аккредитации;
- г) обеспеченность современным оборудованием;
- д) обеспечение равных условий лицам, претендующим на получение аккредитации.

16. Укажите порядок выполнения основных этапов процесса сертификации (укажите порядковый номер)?

- а) принятие решения по сертификации;
- б) оценка соответствия объекта сертификации установленным требованиям;
- в) заявка на сертификацию и подготовка к ней объекта;
- г) анализ результатов оценки соответствия.

17. Кто является участниками системы сертификации?

- а) заявитель;
- б) орган по стандартизации;
- в) испытательная работа;
- г) орган по сертификации.

18. Секунда в системе СИ является _____ единицей.

- а) производной;
- б) дольной;
- в) дополнительной;
- г) основной.

19. Что является научной основой обеспечения единства измерений?

- а) теоретическая база стандартизации;
- б) метрология;
- в) стандартизированные методики выполнения измерений;
- г) систематизация.

20. Кому подчиняется главный метролог предприятия?

- а) главному инженеру предприятия (техническому директору);
- б) Федеральному агентству по тех. регулированию и метрологии (Госстандарту России);
- в) Всероссийскому научно-исследовательскому институту метрологической службы (ВНИИМС);
- г) центру стандартизации и метрологии (ЦСМ) республики (края).

21. Выбор оптимального числа разновидностей продукции, процессов и услуг, значений их параметров и размеров называется...

- а) классификацией;
- б) унификацией;
- в) идентификацией;

- г) сертификацией.
22. Что из нижеперечисленного относится к законодательной метрологии?
- а) поверка и калибровка средств измерений;
 - б) метрологический контроль;
 - в) создание новых единиц измерений.
23. Система единиц физических величин – это ...
- а) совокупность единиц, используемых на практике;
 - б) совокупность основных и производных единиц;
 - в) совокупность основных единиц.
24. Какие измерения необходимы для определения характеристик случайных процессов?
- а) динамические;
 - б) статические;
 - в) статистические.
25. Для какого метода характерна ограниченная точность измерения?
- а) метода противопоставлений;
 - б) нулевого метода;
 - в) метода непосредственной оценки.
26. Метод сравнения с мерой это ...
- а) метод совпадений;
 - б) дифференциальный метод;
 - в) косвенный метод.
27. Организация деятельности стандартизации в крае и области осуществляется посредством ...
- а) региональной стандартизации;
 - б) административно-территориальной стандартизации;
 - в) национальной стандартизации.
28. По какой причине международный стандарт может не приниматься за основу национального стандарта?
- а) географических особенностей;
 - б) экономических особенностей;
 - в) социальных особенностей.
29. К чему из ниже перечисленного устанавливаются обязательные требования стандартов?
- а) методам контроля;
 - б) потребительским характеристикам;
 - в) безопасности.
30. На какой стадии определяют патентную чистоту объекта?
- а) разработки технического задания;
 - б) разработки проекта стандарта;
 - в) принятия стандарта.
31. Пересмотр стандарта следует рассматривать как ...
- а) внесение дополнения в содержание;
 - б) упразднение отдельных частей стандарта;

в) разработку нового стандарта.

31. Каким законом определяется номенклатура продукции (услуг), подлежащей обязательной сертификации?

а) «О стандартизации»;

б) «О сертификации»;

в) «О защите прав потребителей».

32. Кто несет ответственность за достоверность и объективность результатов испытаний при выдаче сертификата?

а) испытательные лаборатории;

б) орган по сертификации;

в) Госстандарт РФ.

33. Кто выбирает форму и схему подтверждения соответствия?

а) заявитель;

б) заказчик;

в) органы по сертификации.

34. ОС рассматривает заявку на проведение сертификации и сообщает заявителю о своем решении не позднее ...

а) 3-х дней;

б) 15 дней;

в) 30 дней.

35. Кто выбирает конкретную схему сертификации?

а) только ОС;

б) только заявитель;

в) ОС или заявитель (категоричности нет).

36. По характеру измерения результатов измерений погрешности разделяют на ...

а) систематические и случайные;

б) основные и дополнительные;

в) абсолютные и относительные.

37. К мерам относятся ...

а) эталоны физических величин;

б) стандартные образцы веществ и материалов;

в) все перечисленное верно.

38. Стандартный образец – это ...

а) специально оформленный образец вещества или материала с метрологически аттестованными значениями некоторых свойств;

б) контрольный материал, полученный из органа проводящего внешний контроль качества измерений;

в) все перечисленное верно.

39. Кем осуществляется руководство государственной метрологической службой?

а) Всероссийский научно – исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС);

б) правительство России;

в) центральные органы по сертификации.

40. Что из нижеперечисленного является нормативной основой метрологического обеспечения?

а) национальная система стандартизации;

б) Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ);

в) Государственная система поверки и калибровки средств измерений.

41. В каком году произошло подписание «Метрической Конвенции»?

а) 1875 г.;

б) 1855 г.;

в) 1934 г.;

г) 1790 г.

42. Кому принадлежат слова: «Все весы и мерилы блюсти без пакости, ни умаливати, ни умнажати, а всякий год извешивати»?

а) Ярослав Мудрый;

б) Владимир Мономах;

в) Святослав Ярославич;

г) Юрий Долгорукий.

43. Состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности известны с заданной вероятностью, это ...

а) единство измерений;

б) статистические измерения;

в) косвенные измерения;

г) стандартизация.

44. Какого вида погрешностей не существует?

а) систематическая;

б) обычная;

в) абсолютная;

г) относительная.

45. Что не относится к требованиям, предъявляемым к измерительной информации?

а) результаты измерений должны быть выражены в указанных единицах;

б) должна быть достаточно точно известна погрешность выполняемых измерений;

в) результаты измерений должны быть представлены в цифровом виде;

г) погрешность измерений не должна превышать допустимых значений.

46. Какая единица измерения входит в данный перечень: метр, килограмм, секунда, ампер, кандела, моль?

а) кельвин;

б) цельсий;

в) фаренгейт;

г) вольт.

47. В каких единицах измерения измеряется частота?

а) герц (Гц);

- б) генри (Гн);
- в) ампер (А);
- г) радиан (Рад).

48. Физическое явление или эффект, положенное в основу измерений, это...

- а) метод измерений;
- б) метод непосредственной оценки;
- в) принцип измерений;
- г) метод сравнения.

49. Назовите примерное число государственных эталонов, хранящихся в России?

- а) 2094 шт.;
- б) 3 шт.;
- в) 500 шт.;
- г) 120 шт.

50. Какая физическая величина не нормируется для обеспечения нормальных условий измерения?

- а) температура;
- б) сила света;
- в) давление;
- г) влажность.

51. Какого вида поверки не существует?

- а) первичная;
- б) внеочередная;
- в) диагностическая;
- г) инспекционная.

52. Определение какого термина дано?

погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины.

- а) случайная погрешность;
- б) абсолютная погрешность;
- в) относительная погрешность;
- г) систематическая погрешность.

53. Какого термина дано определение: средство измерений (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений.

- а) эталон;
- б) дефектоскоп;
- в) ЭВМ;
- г) образец.

54. Сколько государственных научно – метрологических центров входит в состав Государственной метрологической службы?

- а) 5 шт.;
- б) 6 шт.;
- в) 7 шт.;
- г) 8 шт.

55. Какие раздел не содержится в методиках поверки средств неразрушающего контроля?

- а) требования безопасности;
- б) условия поверки;
- в) подготовка к поверке;
- г) завершение поверки.

56. Что не включает Государственный метрологический контроль?

- а) утверждение типа средств измерений;
- б) поверку средств измерений, в том числе эталонов;
- в) лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению и ремонту средств измерений;
- г) проведение неразрушающего контроля.

57. Классификация средств измерений не проводится по:

- а) чувствительности;
- б) точности;
- в) скорости измерений;
- г) стабильности показаний.

58. В соответствии с областью аккредитации метрологическая служба осуществляет?

- а) поверку СНК;
- б) неразрушающий контроль;
- в) изготовление СНК;
- г) ремонт СНК.

59. Для каждой операции поверки определяются ...

- а) описание метода поверки;
- б) указание о средствах поверки;
- в) схемы подключения и чертежи;
- г) все вышеперечисленное.

60. Заполните пропущенное.

Средства неразрушающего контроля в большинстве случаев следует рассматривать как средства _____.

- а) производства;
- б) измерения;
- в) обучения;
- г) все вышеперечисленное.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СПИСОК ОСНОВНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИИ

1. ГОСТ 1.0-2015 Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Основные положения.
2. ГОСТ 1.2-2015 Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены.
3. ГОСТ 12635–67. Материалы магнитомягкие высокочастотные. Методы испытаний в диапазоне частот от 10 кГц до 1 МГц.
4. ГОСТ 12636–67. Материалы магнитомягкие высокочастотные. Методы испытаний в диапазоне частот от 1 до 200 МГц.
5. ГОСТ 12637–67. Материалы магнитомягкие высокочастотные. Методы испытаний в диапазоне частот от 200 до 2000 МГц.
6. ГОСТ 13033–84 ГСП. Приборы и средства автоматизации электрические аналоговые. Общие технические условия.
7. ГОСТ 14014–91. Приборы и преобразователи измерительные цифровые напряжения, тока, сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний.
8. ГОСТ 16263–70 ГСИ. Метрология. Термины и определения (отменен с 01.01.2001).
9. ГОСТ 16465–70. Сигналы радиотехнические измерительные. Термины и определения.
10. ГОСТ 16504–81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
11. ГОСТ 1954–82. Меры электродвижущей силы. Элементы нормальные. Общие технические условия.
12. ГОСТ 2.114–2016. Единая система конструкторской документации. Технические условия
13. ГОСТ 20504–81. Система унифицированных типовых конструкций агрегатных комплексов ГСП. Типы и основные размеры.
14. ГОСТ 20906–75. Средства измерений магнитных величин. Термины и определения.
15. ГОСТ 22261–94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
16. ГОСТ 23217–78. Приборы электроизмерительные аналоговые с непосредственным отсчетом. Наносимые условные обозначения.

- 17.ГОСТ 24026–80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения.
- 18.ГОСТ 24855–81. Преобразователи измерительные тока, напряжения, мощности, частоты, сопротивления аналоговые. Общие технические условия.
- 19.ГОСТ 2575–79. Центры упорные с отжимной гайкой. Конструкция.
- 20.ГОСТ Р 40.002-2000 Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения.
- 21.ГОСТ 8.009–84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
- 22.ГОСТ 8.016–81 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения плоского угла.
- 23.ГОСТ 8.019–85 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений тангенса угла потерь.
- 24.ГОСТ 8.021–2015 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная первичная схема для средств измерения массы.
- 25.ГОСТ 8.022–91 ГСИ. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ в ст. минус 16 до 30 А.
- 26.ГОСТ 8.023–14 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений
- 27.ГОСТ 8.027–2001 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы.
- 28.ГОСТ 8.050–73 ГСИ. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений.
- 29.ГОСТ 8.061–80 ГСИ. Поверочные схемы. Содержание и построение.
- 30.ГОСТ 8.129–2013 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты.
- 31.ГОСТ 8.132–74 ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений силы тока от 0,04 до 300 А в диапазоне частот от 0,1 до 300 МГц.
- 32.ГОСТ 8.144–97 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля в диапазоне от 0,05 до 2 Тл.
- 33.ГОСТ 8.157–75 ГСИ. Шкалы температурные практические.
- 34.ГОСТ 8.188–85 ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции постоянного поля в диапазоне от 2 до 10 Тл при

- температурах от 4,2 до 300 К и в диапазоне от 0,1 до 2 Тл при температурах от 4,2 до 77 К.
- 35.ГОСТ 8.256–77 ГСИ. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений. Основные положения.
- 36.ГОСТ 8.268–77 ГСИ. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик магнитотвердых материалов.
- 37.ГОСТ 8.315–97 ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения.
- 38.ГОСТ 8.371–80 ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической емкости.
- 39.ГОСТ 8.377–80 ГСИ. Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик.
- 40.ГОСТ 8.381–2009 ГСИ. Эталоны. Способы выражения точности.
- 41.ГОСТ 8.395–80 ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования.
- 42.ГОСТ 8.401–80 ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования.
- 43.ГОСТ 8.417–2002 ГСИ. Единицы величин.
- 44.ГОСТ 8.508–84 ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля.
- 45.ГОСТ 8.525–85 ГСИ. Установки высшей точности для воспроизведения единиц физических величин. Порядок разработки, аттестации, регистрации, хранения и применения.
- 46.ГОСТ 8.532–2002 ГСИ. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Межлабораторная метрологическая аттестация. Содержание и порядок проведения работ.
- 47.ГОСТ 8.558–2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.
- 48.ГОСТ 8.614–2005 ГСИ. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения.
- 49.ГОСТ 9038–90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.
- 50.ГОСТ Р 22.2.04–2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила.
- 51.ГОСТ Р 8.561–95 ГСИ. Метрологическое обеспечение банковских технологий. Общие положения.
- 52.ГОСТ Р 8.563–2009 ГСИ. Методики (методы) измерений.

- 53.ГОСТ Р 8.565–99 ГСИ. Порядок установления и корректировки межповерочных интервалов эталонов.
- 54.ГОСТ Р 8.568–97 ГСИ. Аттестация испытательного оборудования.
- 55.ГОСТ Р 8.000–2015 ГСИ. Основные положения
- 56.ГОСТ Р 8.820–2013 ГСИ. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
- 57.ГОСТ Р 8.885–2015 ГСИ. Эталоны. Основные положения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 2 апреля 2015 г. N 310

ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПОЛОЖЕНИЯ О ПОРЯДКЕ ОКАЗАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ И (ИЛИ) ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ГОСУДАРСТВЕННЫМИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ЦЕНТРАМИ МЕТРОЛОГИИ В ПРЕДЕЛАХ УСТАНОВЛЕННОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ГРАЖДАН И ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ ЗА ПЛАТУ ПО РЕГУЛИРУЕМЫМ ЦЕНАМ И НА ОДИНАКОВЫХ ПРИ ОКАЗАНИИ ОДНИХ И ТЕХ ЖЕ УСЛУГ УСЛОВИЯХ

В соответствии с частью 3 статьи 26 Федерального закона "Об обеспечении единства измерений" Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить прилагаемое [Положение](#) о порядке оказания государственных услуг и (или) выполнения работ государственными региональными центрами метрологии в пределах установленного государственного задания в области обеспечения единства измерений для граждан и юридических лиц за плату по регулируемым ценам и на одинаковых при оказании одних и тех же услуг условиях.

2. Министерству промышленности и торговли Российской Федерации утвердить в 3-месячный срок порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

Председатель Правительства
Российской Федерации
Д.МЕДВЕДЕВ

**ПОЛОЖЕНИЕ
О ПОРЯДКЕ ОКАЗАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ И (ИЛИ)
ВЫПОЛНЕНИЯ
РАБОТ ГОСУДАРСТВЕННЫМИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ЦЕНТРАМИ
МЕТРОЛОГИИ
В ПРЕДЕЛАХ УСТАНОВЛЕННОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ
В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ГРАЖДАН
И ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ ЗА ПЛАТУ ПО РЕГУЛИРУЕМЫМ ЦЕНАМ
И НА ОДИНАКОВЫХ ПРИ ОКАЗАНИИ ОДНИХ
И ТЕХ ЖЕ УСЛУГ УСЛОВИЯХ**

1. Настоящее Положение регулирует отношения, возникающие между заявителями и исполнителями при оказании услуг и (или) выполнении работ в области обеспечения единства измерений за плату по регулируемым ценам.

2. Понятия, используемые в настоящем Положении, означают следующее:

"исполнитель" - государственные региональные центры метрологии, аккредитованные на проведение поверки средств измерений в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации;

"заявитель" - юридическое лицо, индивидуальный предприниматель, физическое лицо, имеющие намерения заказать либо заказывающие услуги по поверке средств измерений;

"оказание услуги и (или) выполнение работ по поверке средств измерений" - оказание услуги и (или) выполнение работ исполнителем на платной основе по поверке средств измерений, включенных в перечень средств измерений, поверка которых осуществляется только аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений государственными региональными центрами метрологии, утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 20 апреля 2010 г. N 250 "О перечне средств измерений, поверка которых осуществляется только аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений государственными региональными центрами метрологии" (далее - средства измерений);

"прейскурант цен на оказание услуг и (или) выполнение работ по поверке средств измерений" - документ, разработанный исполнителем и утвержденный в установленном порядке Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

3. Исполнитель обязан предоставлять заявителю информацию об оказываемых услугах и (или) выполняемых работах по поверке средств измерений, в том числе:

а) перечень средств измерений, в отношении которых могут проводиться работы по их поверке;

б) документы, которые необходимы для оказания услуги и (или) выполнения работ в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, утвержденным Министерством промышленности и торговли Российской Федерации;

в) утвержденные прейскуранты цен на оказание услуг и (или) выполнение работ по поверке средств измерений;

г) наименование организации, ее место нахождения, режим работы;

д) сведения о государственной регистрации юридического лица и наименовании зарегистрировавшего его органа;

е) сведения об аккредитации (номер в реестре аккредитованных лиц).

4. Информация, указанная в [пункте 3](#) настоящего Положения, в наглядной и доступной форме доводится до сведения заявителей, а также размещается в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" на сайте исполнителя.

5. Исполнитель оказывает услуги и (или) выполняет работы по поверке средств измерений в соответствии с областью аккредитации на договорной основе.

6. Оказание услуг и (или) выполнение работ по поверке средств измерений оплачиваются по регулируемым ценам в порядке, установленном Правилами оплаты работ и (или) услуг по обеспечению единства измерений по регулируемым ценам, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2009 г. N 1057 "О порядке оплаты работ и (или) услуг по обеспечению единства измерений по регулируемым ценам".

7. Исполнитель осуществляет поверку средств измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, утвержденным Министерством промышленности и торговли Российской Федерации.

8. Заявитель обязан предоставить исполнителю средство измерений и документы, которые необходимы для оказания услуг и (или) выполнения работ, в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, утвержденным Министерством промышленности и торговли Российской Федерации.

9. Результатом оказания услуг и (или) выполнения работ по поверке средств измерений является выдача документов о результатах поверки средств измерений, оформляемых в соответствии с порядком поверки средств измерений, утвержденным Министерством промышленности и торговли Российской Федерации.

Постановление Правительства РФ от 02.04.2015 N 310 "Об утверждении Положения о порядке оказания государственных услуг и (или) выполнения работ государственными региональными центрами метрологии в пределах установленного государственного задания в области обеспечения единства измерений для граждан и юридических лиц за плату по регулируемым ценам и на одинаковых при оказании одних и тех же услуг условиях" {КонсультантПлюс}

Миссия Университета ИТМО — открывать возможности для гармоничного развития конкурентоспособной личности и вдохновлять на решение глобальных задач.

Стратегическая цель Университета ИТМО: генерация новых знаний, рынков, бизнесов и навигация человека в мире информации, обеспечивающая баланс физической и виртуальной реальностей.

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

Факультет систем управления и робототехники (ФСUiР) - первое научно-образовательное подразделение Университета ИТМО, ориентированное на решение проблем и задач робототехники. Факультет СУиР входит в состав мегафакультета компьютерных технологий и управления (МФКТиУ). На факультете готовят элитные инженерные кадры в области робототехники, систем автоматического управления, электроэнергетики, навигационных систем, мехатроники и приборостроения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 312 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. – 576 с.
3. Государственные эталоны России: Каталог – М. Госстандарт России, 2000.
4. Грановский В.А. Динамические измерения. Основы метрологического обеспечения. Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 314 с.
5. ГОСТ Р 1.12-2004. Стандартизация. Термины и определения. – М. Изд-во стандартов, 2005. – 28с.
6. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация, сертификация. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003 – 432 с.
7. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. М.: Изд-во стандартов, 1991. – 285с.
8. Иванов В.А., Марусина М.Я., Ткалич В.Л. Первичные преобразователи информации: Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО(ТУ), 2002. – 103 с.
9. Иванов В.А., Марусина М.Я., Ткалич В.Л. Прикладная метрология: Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО(ТУ), 2003. – 104 с.
10. Коротков В.П., Тайц Б.А. Основы метрологии и теории точности измерительных устройств. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 352 с.
11. Ким К.К. Метрология, стандартизация, сертификация. – С-Пб.: Питер, 2006. – 367 с.
12. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 831 с.
13. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии. – М.: Издательство Юнити-Дана, 1999. – 711 с.
14. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Основы метрологии. М.: Изд-во стандартов, 1995. – 230 с.
15. Маркин Н.С. Практикум по метрологии: Учеб. пособие. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 186 с.
16. Марусина М.Я. Инвариантный анализ и синтез в моделях с симметриями. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2004. – 144 с.
17. Новицкий П.В., Зograф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 245 с.
18. Новицкий П.В., Зograф И.А., Лабунец В.С. Динамика погрешностей средств измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 187 с.

19. Нормативные документы в области метрологии (действующие в России по состоянию на 1 января 2012 г.) Указатель. Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС). М.: ТОО «ТОТ», 2012.
20. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений // Нормативно-технические документы (ГОСТ 8.009–84, методический материал по применению ГОСТ 8.009–84, РД 50–453–84). М.: Изд-во стандартов, 1988.
21. Основные термины в области метрологии. Словарь-справочник / Под ред. Ю.В. Тарбеева. М.: Изд-во стандартов, 1989.
22. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 1978. – 196 с.
23. Рейх Н.Н., Тупиченков А.А., Цейтлин В.Г. Метрологическое обеспечение производства / Под ред. Л.К. Исаева. М.: Изд-во стандартов, 1987. – 308 с.
24. РМГ 29–2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации ГСИ. «ГСП. Метрология. Основные термины и определения» – М.: Стандартиформ, 2014. – 45 с.
25. Российская метрологическая энциклопедия. Гл. редактор Тарбеев Ю.В. – СПб.: Лики России, 2001. – 849 с.
26. Руководство по выражению неопределенности измерения. Первая редакция Международная организация по стандартизации. 1993 г., Перевод и публикация ГП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Научный редактор проф. Слаев В.А. – СПб.: 1999. – 134 с.
27. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. Карманная энциклопедия студента: Учебное пособие для студентов высших и средних специальных учебных заведений. – М.: Логос, 2001. – 376 с.
28. Сергеев А.Г., Латышев М.В. Сертификация. – М.: Изд-во «Логос», 2000. – 248с.
29. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 205 с.
30. Федюкин В.К. Основы квалитметрии. – М.: Изд-во «ФИЛИНЪ», 2004. – 296с.
31. Шабалин С.А. Прикладная метрология в вопросах и ответах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 192 с.
32. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. М.: Изд-во стандартов, 1990. – 492 с.
33. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Ч.I. Общая теория измерений: учеб.-мет. комплекс (учеб. пособие), 3-е изд., перераб. и доп., / И.Ф. Шишкин. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 189 с.

34. Иванов В.А., Марусина М.Я., Ткалич В.Л. Прикладная метрология: Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО(ТУ), 2003. – 104 с.
35. Марусина М.Я., Ткалич В.Л., Воронцов Е.А., Скалецкая Н.Д. Основы метрологии, стандартизации и сертификации. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 164 с.
36. Горобей В.Н., Захаренко Ю.Г., Марусина М.Я., Снегов В.С. Государственные первичные эталоны единиц физических величин. Учебное пособие Рекомендовано УМО вузов России по образованию в области приборостроения и оптотехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений / Под редакцией д-ра техн. наук, проф. М.Я. Марусиной. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 135 с.
37. ФИПС - Федеральное государственное бюджетное учреждение Федеральный институт промышленной собственности: [сайт]. URL: <http://new.fips.ru/>