

Лекция 6

МЕТРОЛОГИЯ

6.1 Основные понятия и термины в области метрологии

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способов достижения требуемой точности.

В более широком плане метрология может быть определена как наука об установлении (определении) количественных характеристик физических объектов. Предметом метрологии являются методы и средства измерений, а также методы и средства достижения и обеспечения установленной точности.

Измерения всегда представляют собой физический эксперимент. Выполняются измерения техническими средствами, к свойствам которых предъявляются требования, гарантирующие установленную точность в оговоренных условиях.

В целом, метрология — комплексная научная дисциплина, охватывающая математические, физические и технические аспекты, как самих измерений, так и проблемы обеспечения установленной точности. В соответствии с кругом охватываемых проблем метрология состоит из теоретической метрологии, законодательной метрологии и практической (прикладной) метрологии.

Теоретическая метрология — раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии. Она представляет собой исходные положения, результаты анализа физических процессов и явлений, используемых при измерениях, аппарат формализованного описания объектов, условий, процедур и средств измерений, алгоритмическое обеспечение метрологического анализа и метрологического синтеза, принципы выбора и определения единиц измерений, их воспроизведения и передачи от эталонов рабочим средствам измерений.

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. Законодательная метрология обеспечивает формирование нормативной базы создания и использования средств измерений, гарантирующей достижение требуемых характеристик получаемых результатов измерений.

В России положения законодательной метрологии закреплены Конституцией РФ (ст. 71) и Федеральным законом № 4871-1 «Об обеспечении единства измерений» от 27.04.93.

Практическая (прикладная) метрология — раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии. Прикладная метрология обеспечивает практическую реализацию разработанных методов с помощью измерительных средств и создание системы обеспечения единства измерений.

1.2. Основные положения и понятия

В основе метрологии лежат следующие базовые положения.

Физическая величина — 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.

Единица измерения физической величины — физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Система единиц физических величин — совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами для заданной системы физических величин.

Размер физической величины — количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу. Предполагается, что размер физической величины существует объективно (вне зависимости от того, измеряем мы эту величину или нет).

Значение физической величины — выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Конкретное значение физической величины является результатом ее измерения.

Истинное значение физической величины — значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношениях соответствующую физическую величину.

Действительное значение физической величины — значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него. Например, при поверке некоторого (испытуемого) вольтметра его показания сравнивают с показаниями более точного (образцового) вольтметра. В этом случае показания образцового вольтметра принимают за действительное значение напряжения.

Измерение физической величины — 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 (установление значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств).

Результат измерения физической величины (значение величины, полученное путем ее измерения) — установленное значение величины, характеризующей свойство физического объекта, представляемое действительным числом с принятой размерностью (размерность определяется выбранной единицей измерений).

Точность измерений — одна из характеристик измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения.

Мера точности {погрешность результата измерения} — отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины. Истинное значение величины неизвестно, его применяют только в теоретических исследованиях. На практике используют действительное значение.

Средство измерений (СИ) — техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

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

Метрологическая характеристика средства измерений — характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений и его погрешность.

Метрологическое обеспечение измерений — деятельность, направленная на создание эталонных средств измерений, а также разработку и применение метрологических правил и норм, обеспечивающих требуемое качество измерений.

Метрологическая аттестация средства измерений — признание метрологической службой узаконенным для применения средства измерений единичного производства (или ввозимого единичными экземплярами из-за границы) на основании тщательных исследований его свойств.

Проверка средств измерений — установление органом государственной метрологической службы (или другими официально уполномоченным органом, организацией) пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждение их соответствия установленным обязательным требованиям.

6.2 Правовые основы метрологии в РФ, цели и задачи

Правовую основу метрологии РФ составляет Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений».

Цели и сфера действия настоящего Федерального закона

1. 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 требования и которые выполняются при:

1) осуществлении деятельности в области здравоохранения;

2) осуществлении ветеринарной деятельности;

3) осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды;

4) осуществлении деятельности по обеспечению безопасности при чрезвычайных ситуациях;

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 и товарообменных операций, выполнении работ по расфасовке товаров;
 - 8) выполнении государственных учетных операций;
 - 9) оказании услуг почтовой связи и учете объема оказанных услуг электросвязи операторами связи;
 - 10) осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства;
 - 11) осуществлении геодезической и картографической деятельности;
 - 12) осуществлении деятельности в области гидрометеорологии;
 - 13) проведении банковских, налоговых и таможенных операций;
 - 14) выполнении работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям;
 - 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).
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.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения понятиям: метрология, обеспечение единства измерений, единица физической величины, эталон.
2. Охарактеризуйте правовую базу в области метрологии в РФ.
3. Цели и сфера применения ФЗ РФ «Об обеспечении единства измерений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Федеральный закон РФ «Об обеспечении единства измерений», 2011.
2. Андреев Б.Я., Алексеев В.В., Антонюк Е.М. Метрология, стандартизация и сертификация, М, АТАДЕМА, 2012, 378 стр.

Лекция 7

СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Системы единиц физических величин. Шкалы измерений

Физик и математик Л.Эйлер считал, что невозможно определить или измерить одну величину иначе, как приняв в качестве известной другую величину этого же рода и указав соотношение, в котором она находится к ней.

Таким образом, при передаче свойств физического объекта для физической величины, характеризующей это свойство, необходимо выбрать в качестве известной величину этого же рода, равную единице.

Развитие естественных и технических наук, необходимость обмена результатами привели к созданию систем единиц физических величин (ФВ).

Система физических единиц строится на базе знаний о физических процессах, протекающих в природе, — известных физических законах.

Так, выбрав произвольно единицы измерения нескольких физических величин и зная физические законы, связывающие их с другими величинами, можно получить единицы ФВ.

Впервые понятие системы единиц физических величин ввел К.Гаусс. Согласно его методу сначала устанавливаются (выбираются) несколько произвольных величин, не зависящих от других. Единицы этих величин называются основными. Основные единицы выбираются таким образом, чтобы, используя физические законы, можно было получить другие — производные единицы. Полная совокупность основных и производных единиц образует систему единиц ФВ.

Основные единицы. Важным является выбор основных единиц. С одной стороны, выбор может быть произвольным, с другой — желательно, чтобы количество таких единиц было минимальным.

Рассмотрим пример взаимосвязи единиц, принятых в большинстве систем: длины, времени, массы, выраженных через определение массы.

Второй закон Ньютона определяет инерционную массу:

$$F = m \cdot a$$

где F — сила взаимодействия; m — масса тела; a — ускорение движения.

Закон всемирного тяготения определяет гравитационную массу через выражение силы взаимодействия двух тел:

$$F = \gamma \cdot (m_1 \cdot m_2 / r^2)$$

где γ — гравитационная постоянная, $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$; r — расстояние между телами..

Допустим, одно тело движется по окружности вокруг другого. При этом сила инерции равна силе гравитации. Учитывая, что $a = \omega^2 r = (4\pi^2/T^2)r$, где ω — угловое ускорение; T — период

вращения, имеем $m_1 \frac{4\pi^2}{T^2} r = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$, откуда $T^2 = \frac{4\pi^2}{\gamma} \frac{r^3}{m_2}$. Получили выражение третьего закона Кеплера для движения небесных тел.

Таким образом, получено выражение, описывающее связь между

временем T , расстоянием r и массой m в виде $m = K \frac{r^3}{T^2}$.

Достаточно положить коэффициент $K=1$, и единица массы будет определена через длину и время. Однако значение коэффициента $K=4\pi^2/\gamma = 5,918*10^{11}$ кг \cdot с 2 /м 3 . Это является следствием того, что были выбраны произвольно единицы массы, длины, времени и для приведения в соответствие с физическими законами в законе Кеплера коэффициент должен иметь указанное значение.

Рассмотрим пример в целях объяснения необходимости минимизации количества основных единиц и целесообразности их введения при рассмотрении нового класса физических явлений.

Закон Кулона связывает механические величины (силу взаимодействия и расстояние между зарядами) и электрическую величину (заряд):

г2 "

В законе Кулона коэффициент пропорциональности равен единице. При этом для упрощения опущено свойство величины — единичный вектор.

Если принять это выражение за основу, то электрическая сила тока не нужна, так как ее можно определить из выражения:

$$I = q/t$$

где q — заряд, определяемый по закону Кулона; t — время.

Все остальные единицы электрических величин выводятся из законов электростатики и электродинамики.

Однако в системах физических величин произвольно вводится основная электрическая величина — ампер. В этом случае заряд определяется соотношением $q = It$, т.е. одна и та же физическая величина (заряд) определена через механические величины и через независимую величину — ампер.

Такая неоднозначность заставляет ввести в закон Кулона дополнительный коэффициент, получивший название «диэлектрическая проницаемость вакуума»:

Ажагг'

Очевидно, что новая независимая физическая величина введена в новой области физических знаний для удобства. При этом из необходимости соблюдения единства описания всех физических процессов с помощью физических величин требуется введение физических констант — коэффициентов, обеспечивающих это единство.

Производные единицы. Производные единицы могут быть выражены через основные С помощью известных физических законов.

Размерность производной единицы определяется математическим выражением, связывающим эту единицу с основными и показывающим, во сколько раз изменится производная единица при изменении основных единиц.

Если с изменением основной единицы в n раз производная единица изменится в p раз, то говорят, что данная производная единица обладает размерностью p/n относительно основной единицы (например, размерность площади — м 2 , а размерность объема — м 3 относительно основной единицы длины — м).

Формула размерности производной единицы представляет собой одночлен, составленный из размерностей основных единиц, причем эти размерности (степени) могут быть положительными, отрицательными, целыми и дробными.

Размерности обладают следующими свойствами:

если числовое значение величины А равно произведению величин В и С, то размерность А равна произведению размерностей В и С: $[A] = [B]*[C]$

если числовое значение величины А равно отношению величин В и С, то размерность А равна отношению размерностей В и С: $[A] = [B] / [C]$

если числовое значение величины А равно степени n числового значения величины В, то размерность А равна степени n размерности В: $[A] = [B]^n$

Эти свойства используются при преобразовании формул размерности.

Кратные и дольные единицы. Для многих практических приложений размерности метрических единиц неудобны: они либо велики, либо малы. Поэтому используют кратные и дольные единицы. В десятичной системе счисления кратные или дольные единицы получаются путем умножения или деления исходной единицы на число 10 в соответствующей степени. Для наименования кратных и дольных единиц используются приставки. Кратные и дольные определения единиц для десятичной системы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Множитель	Приставка		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
$10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 00 = 10^{18}$	экса	Э	Е
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{15}$	пета	П	Р
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	тера	Т	Т
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	гига	Г	Г
$1000\ 000 = 10^6$	мета	М	М
$1\ 000 = 10^3$	кило	к	К
$100 = 10^2$	гекто	г	Н
$10 = 10^1$	дека	да	da
$0,1 = 10^{-1}$	деки	д	D
$0,01 = 10^{-2}$	санти	с	C
$0,001 = 10^{-3}$	милли	м	M
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	микро	мк	μ
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	нано	н	n
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	пико	п	p
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	атто	а	a

Относительные величины и единицы. Часто используют для измерения физической величины отношение этой величины к одноименной физической величине. Это отношение является безразмерным. К таким относятся атомные или молекулярные

массы химических элементов, которые выражаются по отношению к 1/12-й массы углерода-2. Отношения величин выражаются:

- в безразмерных единицах, когда отношение равно единицам;
- в процентах, когда отношение находится в диапозоне до 10-2
- промилле, когда отношение находится в диапозоне до 10-3
- миллионных долях, когда отношение находится в диапозоне до 10-3 и т.д.

Система единиц физических величин СИ. Первоначально в разных странах были созданы свои системы единиц. В основном они строились на базе трех единиц физических величин: длины, массы, времени, и условно назывались механическими, например система МКС: метр, килограмм, секунда; система СГС: сантиметр, грамм, секунда. Эти системы удобны в применении в механике, однако для электрических и магнитных величин встретились серьезные трудности. В течение некоторого времени применяли так называемую техническую систему единиц МКГСС (длина, сила, время): метр, килограмм-сила, секунда. Такая система удобна для вычисления и вывода многих технических величин, но имеет большие недостатки: единица массы в ней получается численно равной 9,81 кг, что нарушает метрический принцип десятичности мер; трудно согласуется с практическими электрическими единицами.

В соответствии с потребностями отдельных отраслей науки технические системы единиц расширились до четырех единиц. Так появились система тепловых единиц МКС Г: метр, килограмм, секунда, градус температурной шкалы; система единиц для электрических и магнитных измерений МКСА: метр, килограмм, секунда, ампер; система световых единиц МКСК: метр, килограмм, секунда, кандела.

Наличие ряда систем создало неудобства при обмене результатами, пересчете из одной системы единиц в другую. Это привело к необходимости создания единой универсальной системы единиц, которая охватывала бы все отрасли науки и была принята в международном масштабе.

В 1948 г. на IX Генеральной конференции по мерам и весам было рассмотрено предложение о принятии единой практической системы единиц. Международным комитетом мер и весов был произведен официальный опрос мнений научных кругов всех стран и на этой основе составлены рекомендации по установлению единой практической системы единиц.

В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам принимает международную систему и присваивает ей наименование «Международная система единиц» (System International — SI, в русской транскрипции — СИ), в которой в качестве основных приняты единицы: метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела. Позже в качестве основной в систему единиц была введена единица количества вещества — моль.

Эта система за короткое время получила широкое международное признание.

Шкала измерений - основополагающее понятие метрологии, позволяющее количественно или каким-либо другим способом определить свойство объекта. Шкала измерений является более общим понятием, чем единица физической величины, отсутствующая в некоторых видах измерений. Шкалы измерений необходимы как для количественных (длина, температура), так и для качественных (цвет) проявлений свойств объектов (тел, веществ, явлений, процессов). Проявления свойства образуют множество, элементы которого находятся в определенной логических отношениях между собой, то есть являются системой с отношениями. Имеются в виду отношения типа "эквивалентность" (равенство), "больше", "меньше", возможность "суммирования"

элементов или "деления" одного на другой. Ш. и. получается гомоморфным отображением множества элементов такой системы с отношениями на множество чисел или, в более общем случае,- на знаковую систему с аналогичными логическими отношениями. Такими знаковыми системами, напр., являются: множество обозначений (названий) цветов, совокупность классификация символов или понятий, множество названий состояний объекта, множество баллов оценки состояний объекта и т. п. При таком отображении используется модель объекта, достаточно адекватно (для решения измерительных задач) описывающая логическую структуру рассматриваемого свойства этого объекта.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое единица физической величины.
2. Назовите основные единицы физической величины.
3. Назовите производные единицы физической величины.
4. Назовите относительные единицы физической величины
5. Дайте определение понятию эталон

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Андреев Б.Я., Алексеев В.В., Антонюк Е.М. Метрология, стандартизация и сертификация, М, АТАДЕМА, 2012, 378 стр.

Лекция 8

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ И ПЕРЕДАЧА РАЗМЕРОВ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Воспроизведение и передача размеров единиц физических величин, точность измерений

Как уже отмечалось, любая измерительная процедура состоит в сравнении неизвестного размера измеряемой величины с известным размером, в качестве которого используется размер соответствующей единицы.

Хранителем размера единицы опосредовано является средство измерений, используемое при проведении конкретной измерительной процедуры. Информация о размерах единиц закладывается в средства измерений при их изготовлении и выпуске в обращение путем приписывания определенных (номинальных) значений мерам, отметкам шкал измерительных приборов, функциям преобразования измерительных преобразователей.

Подобная метрологическая процедура называется *градуировкой средств измерений*. В некоторых случаях составляются градировочные таблицы или графики. Для ряда средств измерений, как правило, высокой точности, бывает необходимо определить *поправки*, используемые для уточнения результатов измерений, получены с помощью этих средств. Для этого определяют действительные значения величин, воспроизводимых мерами, или величин, соответствующих отметкам шкал измерительных приборов или определенным выходным сигналам измерительных преобразователей.

Такая метрологическая процедура называется *калибровкой средств измерений*. Сохранность информации о размерах единиц, заложенной в средства измерений, в процессе их эксплуатации контролируется путем *проверки средств измерений*.

Таким образом, путем градуировки, калибровки, поверки средств измерений осуществляется передача средствам измерений размеров единиц величин. Эти метрологические процедуры проводят путем сравнения значений величин, полученных с помощью данных средств измерений, с заведомо более точно известными значениями соответствующих величин.

Посредством этих процедур, осуществляемых путем сличений менее точных средств измерений с более точными средствами, размеры единиц, заложенные в средства измерений, последовательно приводят к размерам единиц, воспроизводимых и (или) хранимых соответствующими эталонами.

Использовать при градуировке, калибровке, поверке средств измерений (СИ) государственные эталоны нельзя. Эти уникальные средства являются национальным достоянием, основой технической независимости страны. Поэтому при централизованном воспроизведении единиц величин создают строгую, метрологически взаимоподчиненную, иерархическую *систему передачи размеров единиц*.

В этой системе размеры единиц от эталонов передают с помощью средств измерений специального назначения называемых *образцовыми средствами измерений*.

Специфичность образцовых средств измерений (ОСИ) заключается именно в их метрологическом назначении — эти средства измерений используются только в процедурах передачи размеров единиц. С целью обеспечения долговременной

стабильности метрологических свойств образцовых средств измерений, использовать их в других целях запрещается.

Средства измерений, используемые для измерений не связанных с передачей размеров единиц, называются *рабочими средствами измерения*.

Разделение средств измерений на образцовые и рабочие является, в некоторой степени, условным и определяется только *метрологическим назначением СИ* и не связано, в большинстве случаев, с их конструктивными или иными особенностями. Только очень ограниченное число типов средств измерений специально проектируется и выпускается как образцовые СИ. Основная масса средств измерений выпускается без указания их метрологического назначения. Затем в процессе эксплуатации конкретные экземпляры средств измерений отбираются для использования в качестве образцовых средств измерений.

Утверждение средств измерений в качестве ОСИ осуществляется органами *государственной метрологической службы* на основании всестороннего исследования метрологических свойств этих средств измерений в процессе их *метрологической аттестации*. Определяющим критерием при утверждении средств измерений в качестве ОСИ является высокая *временная стабильность* метрологических характеристик этих средств и малая, по сравнению с другими экземплярами однотипных средств измерений, *случайная составляющая погрешности*.

Поскольку стабильность метрологических свойств СИ во многом определяется интенсивностью их эксплуатации, использование рабочих средств измерений, даже высокой точности, в процедурах передачи размеров единиц без предварительной метрологической аттестации запрещается.

По метрологическому взаимоподчинению и, следовательно, по точности образцовые средства измерений подразделяются на разряды. Образцовые средства измерений, получающие размер единицы непосредственно от эталонов, относятся к первому разряду, далее, по мере уменьшения точности, следуют ОСИ второго разряда, третьего и т. д.

Номенклатура, число разрядов ОСИ и количество ОСИ каждого разряда должны быть достаточны для передачи размера единицы всем без исключения средствам измерений каждой из измеряемых величин.

Следует отметить, что на каждом этапе передачи размера единицы от одного средства измерений к другому происходит накопление погрешностей. Поэтому, при значительном числе ступеней передачи размера единицы (значительное число разрядов ОСИ) простейшему из рабочих средств измерений можно гарантировать только весьма низкую точность. С другой стороны, при малом числе разрядов ОСИ и значительном количестве соподчиненных с ними средств измерений необходимо, с целью обеспечения оперативности передачи размера единицы, увеличивать количество образцовых средств измерений каждого разряда. При этом существенно возрастает интенсивность использования эталона, что может привести к его преждевременному износу и потере требуемых метрологических свойств. Поэтому определение оптимального числа разрядов ОСИ для каждой из измеряемых величин является сложной технико-экономической задачей.

При определении числа разрядов образцовых средств измерений учитывают запас по точности эталона, общее количество эксплуатируемых средств измерений каждого уровня точности и назначение этих СИ, стоимость продукции, контролируемой этими СИ и требуемую точность рабочих средств измерений низшей точности как правило, наиболее многочисленных.

Подобным образом структура передачи размера единицы формируется для каждой измеряемой величины в соответствии с положениями МИ 83-76 и оформляется в виде специальной схемы - *проверочной схемы*.

Методы передачи размеров единиц

Метрологическое качество и производительность работ по передаче средствам измерений размеров единиц величин во многом зависит от рационального выбора метода передачи.

В метрологической практике повсеместно используются следующие методы передачи размеров единиц:

1. *метод непосредственного сличения*;
2. *метод сличения с помощью компаратора* (сравнивающего устройства);
3. *метод прямых измерений*;
4. *метод косвенных измерений*.

Метод непосредственного сличения заключается в сличении показаний образцового и контролируемого средств измерений, проводимого без применения каких-либо сравнивающих или иных технических средств.

Метод используется при градуировке, калибровке, поверке измерительных приборов и ряда мер (например, мер вместимости) низкой и средней точности. Это наиболее технически простой метод, не требующий высокой квалификации оператора. При определенных условиях метод позволяет с помощью одного образцового прибора определять метрологические характеристики значительного числа одновременно включенных однотипных контролируемых измерительных приборов. Например, при определении характеристик счетчиков электрической энергии методом непосредственного сличения число одновременно включенных приборов может составлять несколько сотен.

Метод сличения с помощью компаратора состоит в сравнении входной величины контролируемого измерительного прибора или величины, воспроизведенной контролируемой мерой, с величиной, воспроизведенной образцовой мерой, с помощью сравнивающего устройства.

Метод используется при градуировке, калибровке, поверке измерительных приборов, мер, измерительных преобразователей предельно высокой точности. Для исключения систематических погрешностей, возникающих при передаче размеров единиц, широко используются методы, рассмотренные в разделе 2.6.3., в частности, методы замещения, противопоставления, компенсации погрешности по знаку. При этом могут применяться различные устройства сравнения - нулевые, дифференциальные, термоэлектрические, интерференционные и ряд других, что делает этот метод наиболее технически и методически сложным и требует операторов высокой метрологической квалификации.

Метод прямых измерений в свою очередь можно подразделить на следующие два метода:

1. прямое измерение контролируемым измерительным прибором величины, полученной с помощью образцового средства измерений (образцовой меры);
2. прямое измерение образцовым средством измерений (образцовым прибором) величины, воспроизведенной контролируемой мерой.

Данный метод технически просто поддается автоматизации и является наиболее производительным методом передачи размеров единиц для мер и измерительных приборов. В последнее время метод получил широкое распространение благодаря

появлению на рынке достаточно точных образцовых многозначных мер различных величин — калибраторов. Наличие простых в управлении переносных калибраторов позволяет осуществлять передачу размеров единиц техническим средствам измерений непосредственно на месте их установки.

К методу прямых измерений можно отнести также **независимую калибровку** (поверку), проводимую без применения образцовых средств измерений и представляющую собой, по сути, *совокупные измерения*.

Данный метод возник при разработке особо точных средств измерений, определение погрешности которых невозможно другими методами. Однако этот метод применим только к тем средствам измерений, принцип действия которых базируется на отношении одноименных параметров измерительной цепи (делители напряжения, потенциометры постоянного тока).

Например, для делителей напряжения основной параметр — коэффициент деления — зависит не от конкретных значений электрического сопротивления плеч, а от отношения этих значений. Поэтому при определении погрешности коэффициента деления нет необходимости в передаче этому делителю размера единицы сопротивления, а достаточно определить соотношение сопротивлений плеч. В данном случае метод реализуется в последовательном выделении и сравнении между собой одноименных параметров измерительной цепи, имеющих равные номинальные значения.

Метод косвенных измерений. При реализации этого метода значение величины на выходе контролируемой меры или на входе контролируемого измерительного прибора определяется косвенно, путем прямых измерений других величин, связанных с искомой величиной известной зависимостью. Из всех рассмотренных методов метод косвенных измерений является наименее производительным. Для обеспечения достоверности передачи размеров единиц этим методом приходится предъявлять повышенные требования к образцовым средствам измерений и вспомогательному оборудованию, жестко фиксировать условия проведения измерений. Метод косвенных измерений применяется в тех случаях, когда другие методы передачи размеров единиц не могут быть реализованы или когда косвенные измерения более точны или более просты по сравнению с прямыми измерениями.

8.2 Средства измерений, классификация

По мере развития техники и международных связей трудности использования и сравнения результатов измерений из-за различия единиц возрастали, они стали тормозить научно-технический прогресс. Так, во второй половине XVIII в. в Европе насчитывалось до сотни различных футов как единиц измерения длины, около полусотни различных миль, свыше 120 различных фунтов. Кроме того, положение сложилось так, что соотношение между дольными и кратными единицами были необычайно разнообразными (например, 1 фут = 12 дюйм = 304,8 мм).

В 1790 г. во Франции было принято решение о создании системы новых мер, «основанных на неизменном прототипе, взятом из природы, с тем, чтобы ее могли принять все нации». Было предложено считать единицей длины длину десяти миллионной части четверти меридиана Земли, проходящего через Париж. Эту единицу называли метром. За единицу массы была принята масса 0,001 м³ чистой воды при температуре наибольшей плотности (+4°C). Эта единица была названа килограммом. При введении метрической системы была не только установлена основная единица длины, взятая из

природы, но и принятая десятичная система образования кратных и дольных единиц, что является одним из важнейших ее преимуществ.

Однако, как показали последующие измерения, в четверти парижского меридиана содержится не 10 000 000, а 10 000 856 первоначально определенных метров. Но и это число нельзя считать окончательным, так как по мере развития науки более точные измерения дают другие значения.

В 1872 г. Международной комиссией по прототипам было решено перейти от единиц длины и массы, основанных на естественных эталонах, к единицам, основанным на условных материальных эталонах (прототипах).

В 1875 г. была созвана дипломатическая конференция, на которой 17 государств подписали Метрическую конвенцию. В соответствии с этой конвенцией:

устанавливались международные прототипы метра и килограмма;

создавалось Международное бюро мер и весов — научное учреждение, средства на содержание которого обязались выделять государства, подписавшие конвенцию;

учреждался Международный комитет мер и весов, состоящий из ученых разных стран;

устанавливался созыв один раз в шесть лет Генеральных конференций по мерам и весам.

Были изготовлены образцы метра и килограмма из сплава платины и иридия.

Прототип метра представлял собой платиново-иридивую штриховую меру общей длиной 102 см, на расстоянии 1 см от концов которой были нанесены штрихи, определяющие единицу длины — метр.

В 1889 г. в Париже состоялась Первая Генеральная конференция по мерам и весам, утвердившая международные прототипы метра и килограмма, которые были переданы на хранение Международному бюро мер и весов.

Единица длины. В 1983 г. на XVIII Генеральной конференции по мерам и весам было принято определение метра. По этому определению единица длины — метр — представляет собой расстояние, проходимое светом за $1/299\ 792\ 458$ долю секунды. Введению такого определения способствовало внедрение в эталонную технику лазеров. При этом размер единицы длины не изменился. Основными нововведениями были переход от крептоновой лампы к лазерному излучению в источнике света на эталонных установках; использование в качестве основного постулата постоянство скорости света $c = 2,997925 * 10^8$ м/с; объединение в одном эталоне воспроизведения размера трех величин: длины, времени и частоты; использование в эталоне источников света на пяти различных длинах волн.

Для воспроизведения единицы длины используется интерферометр Майкельсона. В интерферометре входящий световой пучок расщепляется на два, направленных по разным путям. На выходе световые пучки сходятся.

В зависимости от разности оптических длин пройденных путей можно определить разность хода:

$$\Delta = (n-1)*l$$

где n — показатель преломления среды; l — геометрическая длина пути.

Условие максимума интерференционной картины:

$$\Delta = l_1 - l_2 = k*\lambda$$

где λ — длина волны лазера.

Условие минимума: $\Delta = l_1 - l_2 = (2k-1)\lambda/2$

Единица массы. В качестве основной механической единицы XI Генеральной конференцией по мерам и весам была утверждена единица массы — килограмм — масса вещества, равная массе прототипа килограмма.

Прототип килограмма находится в Международном бюро по мерам и весам в Севре под Парижем. Он представляет собой цилиндр из сплава 90% платины и 10% иридия диаметром 39 мм и такой же высоты.

Для обеспечения единства измерений массы было изготовлено большое количество прототипов массы. Точность изготовления прототипов обеспечена на уровне 10-8 относительной погрешности. Прототипы аттестованы в Международном бюро по мерам и весам. В Россию в 1889 г. был направлен прототип № 12, который хранится во Всероссийском НИИ метрологии им. Д. И. Менделеева в Санкт-Петербурге.

По определению первоначально прототип массы должен был совпадать с массой одного кубического дециметра воды при ее наибольшей плотности при температуре 3,98 °C и давлении 101 325 Па. Однако было определено, что максимальная плотность воды равна 0,999972 г/см³, т.е. прототип массы оказался на 28 мкг больше.

Единица времени. Измерение времени человек естественно связывает с движением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Так, продолжительность суток разбивается на часы, минуты, секунды: $t = 24 * 60 * 60 = 86\,400$ с.

Однако продолжительность суток в разнос время года различная, поскольку Земля движется вокруг Солнца по эллиптической орбите.

Международным бюро по мерам и весам в 1956 г. было принято определение так называемой эфемеридной секунды: 1 с = (1/31 556 925,9747) тропического года 1900.

Тропический год составляет 365,24220 средних солнечных суток. Продолжительность тропического года превышает целое число суток примерно на четверть. Поэтому каждый четвертый год становится високосным.

Такое определение сохранялось до тех пор, пока не стала проблема определения единицы времени с относительной погрешностью не хуже 10-10

В 1967 г. Международный комитет по мерам и весам принял определение единицы времени. Единица времени — секунда — равна продолжительности 9,192631770*109 колебаний излучения при квантовом переходе между линиями сверхтонкой структуры атома цезия 133Cs, соответствующих переходу ($F=4$; $mF=0$) ($F=3$; $mF=0$) основного состояния $2S1/2$.

Эталон единицы времени реализован на установке для наблюдения резонанса в атомном цезиевом пучке — установке для воспроизведения единицы частоты системы СИ — герц. Зафиксировав резонанс атомного пучка на частоте 9 192 631 770 Гц, эталон воспроизводит единицу времени — секунду.

Единица силы тока. Введение произвольной электрической единицы в практику измерений впервые было предложено на Международном конгрессе электриков в Чикаго в 1893 г. Было предложено ввести две абсолютные практические единицы электрических величин: один вольт и один ампер для измерения напряжения (разности потенциалов) и силы постоянного электрического тока. На практике силу постоянного электрического тока определяли по тем действиям, которые он оказывал на окружающую среду.

Ампер — сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в

вакууме, вызвал бы между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на участке длиной 1 м.

В 1948 г. в основу эталона ампера были положены токовые весы. Последние представляют собой рычажные равноплечие весы, в которых подвешенная подвижная катушка уравновешивается грузом. Подвижная катушка входит в неподвижную коаксиально расположенную катушку. При прохождении по этим последовательно соединенным катушкам постоянного электрического тока подвижная катушка опускается. Для достижения равновесия на противоположное плечо необходимо положить груз. По его массе и судят о силе электрического тока. Погрешность такого эталона не превышает 10 -3%.

Введение в метрологическую практику эталона вольта на основе эффекта Джозефсона и эталона ома на основе эффекта Холла позволило повысить точность воспроизведения тока на два порядка. Современный эталон ампера состоит из двух комплексов:

комплекс для установления размера ампера через вольт и ом с использованием эффекта Джозефсона и эффекта Холла, который включает в себя меру напряжения, меру электрического сопротивления, сверхпроводящий компаратор тока и регулируемые источники тока;

комплекс для установления размера ампера через фарад, вольт, секунду включает в себя блок с набором мер постоянной емкости, интегратор, измерительный блок с частотомером, цифровым вольтметром и компаратором.

Эталон обеспечивает воспроизведение единицы силы тока со средним квадратическим отклонением результата измерений, не превышающим $5 \cdot 10^{-8}$ А при номинальном значении силы тока 1 А, и систематической погрешностью, не превышающей $2 \cdot 10^{-8}$ А при номинальном значении силы тока $1 \cdot 10^{-3}$ А.

Единица термодинамической температуры. Термодинамическая температура является универсальной физической величиной. Она характеризует состояние многих физических тел и процессов.

Единица термодинамической температуры — кельвин — определяется как $1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды.

На эталонном уровне строится шкала термодинамической температуры, при этом используются температуры плавления и затвердевания чистых веществ.

Тройная точка воды — это такое состояние чистой воды, когда лед, жидкая вода и водяной пар находятся в тепловом равновесии. В условиях вакуума над тающим льдом устанавливается равновесное давление водяного пара $p = 611$ Па. Этому состоянию приписано значение термодинамической температуры $T = 273,16$ К. Точка замерзания воды при нормальном атмосферном давлении $p = 101\ 325$ Па = 1 атм расположена ниже тройной точки воды на $0,00993$ К.

XIII Генеральная ассамблея по мерам и весам в 1976 г. наряду с абсолютной термодинамической шкалой утвердила в качестве производной шкалу Цельсия, определив температуру как $t^{\circ}\text{C} = (T - 273,15)$ К.

В 1990 г. был утвержден последний состав Международной температурной шкалы (МТШ-90). Реперные точки МТШ-90 подразделяются на определяющие и вторичные. Список определяющих реперных точек приведен в табл. 4.

Таблица 4

Реперная точка	T, K	T, °C	Погрешность, K
Тройная точка равновесного H ₂	13,803	-259,346	0,005
Точка кипения равновесного H ₂	17,042	-256,108	0,005
Тройная точка:			
Неона	24,5561	-248,5939	0,005
Кислорода	54,3384	-218,7916	0,005
Аргона	83,8058	-189,3442	0,005
Ртути	234,3156	-38,8344	0,005
Воды	273,16	0,01	0,0 (по определению)
Точка плавления галлия	302,9146	29,7646	0,0015
Точка затвердевания:			
Индия	429,7485	156,5685	0,0015
Цинка	692,677	231,928	0,003
Алюминия	933,473	660,323	0,003
Серебра	1 234,93	961,78	0,005
Золота	1 337,33	1 064,18	0,015
меди	2 357,77	1 084,62	0,02

Определяющие реперные точки — это точки температурной шкалы, для которых результаты измерений в разных странах совпали между собой.

Вторичные реперные точки охватывают более широкий диапазон температур. Шкала вторичных реперных точек содержит 27 значений. Самая высокая температура — температура затвердевания вольфрама — 3 666 K.

На практике для точных измерений температуры используются платиновые термометры сопротивления или термопары, которые градуируются по реперным точкам. От платиновых термометров сопротивления и термопар размер единицы температуры передается образцовым и рабочим термометрам менее высокого класса точности.

Единица силы света. В 1967 г. XIII Генеральная конференция по мерам и весам утвердила единицу силы света — канделу.

Кандела — сила света в направлении нормали к отверстию абсолютно черного тела, имеющего температуру затвердевания платины T = 2 045 K и площадь 1/60 см² при давлении 101 325 Па.

Ранее эталон единицы силы света представлял собой комплекс, в котором платина, расплавленная индукционной печью, нагревает керамическую трубку диаметром 2 мм и длиной 40 мм. Излучение из трубы фокусируется на вход фотометра, который позволяет производить измерение энергии излучения на различных длинах волн. Такая структура имеет существенные источники погрешности: невозможно создать идеальный черный излучатель, поэтому коэффициент излучения всегда меньше единицы; температура излучающей полости несколько ниже температуры платины вследствие теплопроводности и неоднородности затвердевания платины; в оптической системе теряется часть световой энергии. Введение поправок делает возможным воспроизведение единицы силы света с точностью 0,1 ... 0,2 %.

В настоящее время воспроизведение единицы силы света с точностью 0,1 % возможно с помощью источника (чаще всего используется вольфрамовая ленточная лампа накаливания, которая подбором силы тока излучает как черное тело с температурой 2 045 K) и фотоприемника, рассчитанного на измерение энергетической мощности излучения на длине волны 555 нм. Измерения ведутся в единицах механической

мощности — ваттах, а световой поток определяется через механический эквивалент света, равный 683 люмена на ватт (люмен — единица измерения светового потока).

Единица количества вещества. Для удобства описания химических процессов в систему СИ введена химическая основная единица — моль.

Моль — количество вещества, имеющее столько структурных единиц, сколько их содержится в 12 г моноизотопа углерода С12 (точно это значение не установлено).

По физическому смыслу оно равно постоянной Авогадро — числу атомов в грамм-эквиваленте углерода.

Эта величина дублирует основную единицу массы — килограмм. Необходимо также отметить, что до сих пор не существует реализации эталона этой единицы. Многочисленные попытки независимого воспроизведения моля приводили к тому, что накопление точно измеренного количества вещества сводилось к необходимости выхода на другие эталоны физических величин. Например, попытка электрохимического выделения какого-либо вещества приводит к необходимости измерения массы и силы электрического тока, точное измерение числа атомов в кристаллах — к измерению линейных размеров кристалла и его массы и т.д.

Под средством измерений понимается техническое средство (или их комплекс), предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и(или) хранящие единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Средства измерений можно классифицировать по следующим основным признакам: тип, вид и метрологическое назначение.

Тип — это совокупность средств измерений, имеющих принципиальную одинаковую схему, конструкцию и изготавливаемых по одним и тем же техническим условиям.

Вид это совокупность типов средств измерений, предназначенных для измерений какой-либо одной физической величины.

По метрологическому назначению средства измерений подразделяются на рабочие средства измерений, предназначенные для измерений физических величин: метрологические средства измерений, предназначенные для обеспечения единства измерений.

По конструктивному исполнению средства измерений подразделяются на: меры; измерительные приборы; измерительные установки; измерительные системы; измерительные комплексы.

По уровню автоматизации — на неавтоматизированные средства измерений; автоматизированные средства измерений: автоматические средства измерений.

По уровню стандартизации: стандартизованные средства измерений; нестандартизированные средства измерений.

По отношению к изменяемой физической величине: основные средства измерений; вспомогательные средства измерений.

Мера — средство измерений, предназначенное для воспроизведения заданного размера физической величины. Например, набор плоскопараллельных концевых мер длины.

Различают меры однозначные и многозначные.

Однозначная мера воспроизводит физическую величину одного размера (например, концевые меры длины, калибры и т. п.)-1»

Многозначная мера — мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров. Например, линейка. -

Комплект мер разного размера одной и той же физической величины, необходимый для применения на практике, как в отдельности, так и в различных сочетаниях называется набором мер.

Измерительный прибор — средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Измерительный прибор, как правило, содержит устройство для преобразования измеряемой величины в сигнал измерительной информации и его индикации в форме, наиболее доступной для восприятия. Например, в качестве устройства для индикации используются шкала и стрелка и т. п.

Различают следующие измерительные приборы: показывающий, аналоговый, цифровой, регистрирующий, самопищащий, печатающий, суммирующий, интегрирующий, сравнения.

Показывающий измерительный прибор допускает только отсчитывание показаний измеряемой величины (штангенциркуль, микрометр, вольтметр и т. п.). В аналоговом измерительном приборе показания или выходной сигнал являются непрерывной функцией измеряемой величины (рутный термометр).

Цифровой измерительный прибор — измерительный прибор, показания которого представлены в цифровой форме (штангенциркуль с числовым отсчетом).

Регистрирующий измерительный прибор — измерительный прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний. Регистрация может быть как в аналоговой, так и числовой форме. Делятся на самопищащие и печатающие измерительные приборы.

Самопищащий измерительный прибор — регистрирующий прибор, в котором предусмотрена запись показаний в форме диаграммы.

Печатающий прибор — прибор, в котором предусмотрено печатание показаний в цифровой форме.

Суммирующий измерительный прибор — измерительный прибор, показания которого функционально связаны с суммой двух или нескольких величин, подводимых к нему по различным каналам (например, ваттметр).

Интегрирующий измерительный прибор — измерительный прибор, в котором значение измеряемой величины определяется путем ее интегрирования по другой величине (счетчик электроэнергии).

Измерительный прибор сравнения — измерительный прибор, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно (равноплечие весы, потенциометр и т. п.).

Измерительная установка — совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте.

Измерительной системой называется совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого пространства (объекта) с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому пространству (объекту).

Все средства измерений делятся на универсальные средства и средства специального назначения.

Универсальным называется средство измерений, предназначенное для измерений длин, углов в определенном диапазоне размеров изделий с разнообразной конфигурацией. Например, один и тот же прибор с дополнительными

приспособлениями (стойки, штативы и т. п.) может быть использован для измерения различных размеров. Эта особенность универсальных средств измерений способствует их широкому применению.

Специальным называется средство измерений, предназначеннное для измерений специальных элементов у деталей определенной формы (например, калибры, приборы для измерения углов, параметров зубчатых колес и т. п.) или специальных параметров у деталей вне зависимости от ее геометрической формы (приборы для измерения шероховатости, отклонений формы и т. п.).

Средства измерений длин и углов в зависимости от физического принципа, положенного в основу построения измерительного преобразователя прибора, подразделяют на следующие группы: штиховые (имеют линейную или угловую шкалу и нониус — штангенинструменты, угломеры); микрометрические (основаны на использовании винтовой пары — микрометры); рычажно-механические (индикаторы часового типа, рычажные скобы и т. п.); рычажно-оптические (оптиметры); оптико-механические (проекторы, инструментальные микроскопы и т. п.); пневматические (основаны на применении сжатого воздуха); гидравлические; электрические и электронные; комбинированные (основаны на использовании различных принципов) и др.

Средства измерений специального назначения подразделяют на следующие группы: измерение формы и расположения поверхностей; измерения параметров шероховатости поверхности; измерения параметров резьбы; измерения параметров углов и конусов; измерений параметров зубчатых колес.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятию средство измерений
2. Как классифицируются средства измерений
3. Назовите основные метрологические характеристики средств измерений
4. Назовите погрешности средств измерений.
5. Назовите классы точности средств измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Андреев Б.Я., Алексеев В.В., Антонюк Е.М. Метрология, стандартизация и сертификация, М, АТАДЕМА, 2012, 378 стр.

Лекция 9

ВИДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Виды измерений

Измерения с однократными наблюдениями

Большинство измерений является однократными. В обычных условиях их точность вполне приемлема. Результат однократного измерения Q_i записывается следующим образом:

$$Q_i = X_i + \theta_i$$

где X_i — значение i -го показания; θ_i — поправка.

Необходимым условием проведения однократного измерения служит наличие априорной информации. К ней относится, например, информация о виде закона распределения вероятности показания и мере его рассеивания, полученная из опыта предшествующих измерений. Такой информацией может служить, например, класс точности средства измерения.

Оценку погрешности результата измерения выполняют при разработке методики выполнения измерений. Источниками погрешностей являются модель объекта измерения, метод измерения, средство измерения, оператор, влияющие факторы условий измерений, алгоритм обработки результатов измерений. Как правило, погрешность результата измерения оценивается при доверительной вероятности $P = 0,95$.

При выборе доверительной вероятности P учитывается степень важности результата измерений. Например, если результат измерения связан с безопасностью жизнедеятельности человека, то значение доверительной вероятности P должно быть увеличено.

За результат измерения в этом случае принимают результат однократного наблюдения x (с введением поправки, если она имеется), используя предварительно полученные (например, при разработке методики выполнения измерений) данные об источниках, составляющих погрешность.

Доверительные границы неисключенного остатка систематической погрешности результата измерения $\theta(P)$ вычисляют по формуле

$$\theta(P) = k(P) \sqrt{\sum_{i=1}^m \Theta_i^2},$$

где $k(P)$ — коэффициент, определяемый принятой P и числом t составляющих неисключенного остатка систематической погрешности; Θ_i — найденные нестатистическими методами границы i -й составляющей неисключенного остатка систематической погрешности. При $P=0,9$ $k(P)=0,95$, при $P=0,95$ $k(P)=1,1$ при любом числе слагаемых t . При $P=0,99$ значения $k(P)$ определяются

m	>5	4	3	2
$k(P)$	1,45	1.40	1,30	1,20

Если составляющие неисключенного остатка систематической погрешности распределены равномерно и заданы доверительными границами $\theta_i(P)$, то доверительную границу результата измерения вычисляют по формуле

$$\Theta(P) = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2(P)}{k_i^2}},$$

где k и k_i — те же, что и в предыдущем случае, коэффициенты, соответствующие доверительной вероятности P и P_i соответственно; m — число составляющих неисключенного остатка систематической погрешности.

Среднее квадратичное отклонение результата измерения с однократным наблюдением вычисляют одним из следующих способов:

— если в технической документации на средство измерения или в методике выполнения измерения указаны нормально распределенные составляющие случайной погрешности результата наблюдения (инструментальная, методическая, из-за влияющих факторов, оператора и т. д.), то среднее квадратичное отклонение определяют по формуле:

$$S(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2(x)},$$

где n — число составляющих случайной погрешности; S_i — значения среднего квадратичного отклонения этих составляющих.

Доверительную границу случайной погрешности результата измерения $\varepsilon(P)$ в этом случае вычисляют по формуле

$$\varepsilon(P) = Z_{p/2} S(x),$$

где $Z_{p/2}$ — значение нормированной функции Лапласа в точке $P/2$ при доверительной вероятности $P(0,90 < P < 0,99)$ определяется по формуле

$$Z_{p/2} = \frac{0,490593052 - 0,48122493P}{1 - 1,75082783P + 0,753815248P^2};$$

— если в тех же документах случайные составляющие погрешности результата наблюдения представлены доверительными границами $\varepsilon(P)$ при одной и той же доверительной вероятности P , то доверительную границу случайной погрешности результата измерения с однократным наблюдением при доверительной вероятности P вычисляют по формуле

$$\varepsilon(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2(P)};$$

— если случайные составляющие погрешности результата наблюдения определяют предварительно в реальных рабочих условиях экспериментальными методами при числе наблюдений $n < 30$, то

$$\varepsilon(P) = t \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2(x)},$$

где t — коэффициент Стьюдента, соответствующий наименьшему числу наблюдений n из всех n_i ; $S_i(x)$ — оценки средних квадратичных отклонений

случайных составляющих погрешности результата наблюдения, определяемых по формуле

$$S(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}.$$

Если в эксперименте невозможно или нецелесообразно определять среднее квадратичное отклонение составляющих случайной погрешности, а определено сразу суммарное среднее квадратичное отклонение, то в формуле $n = 1$;

— если случайные составляющие погрешности результата наблюдений представлены доверительными границами $\varepsilon(P_i)$, соответствующими разным вероятностям P_i , то сначала определяют среднее квадратичное отклонение результата измерения с однократным наблюдением по формуле

$$S(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i^2(P_i)}{z_{P_i/2}}},$$

где $z_{P_i/2}$ — значения функции Лапласа. Затем вычисляют $\varepsilon(P)$ по формуле

Для суммирования систематической и случайной составляющих погрешностей рекомендуется следующий способ.

Если $\Theta(P)/S(x) < 0,8$, то неисключенным остатком систематической погрешности $\varepsilon(P)$ пренебрегают и окончательно принимают $\varepsilon(P)$ за погрешность результата измерения $\Delta(P)$ при доверительной вероятности P .

Если $\Theta(P)/S(x) > 8$, то пренебрегают случайной погрешностью и принимают $\Delta(P) = \Theta(P)$

Если $0,8 < \Theta(P)/S(x) < 8$ то доверительную границу погрешности результата измерений вычисляют по формуле

$$\Delta(P) = K_\varepsilon[\Theta(P) + \varepsilon(P)],$$

$$\text{где } K_\varepsilon(\gamma) = \frac{\sqrt{1+\gamma^2}}{1+\gamma}; \quad \gamma = \frac{\Theta(P)}{\sqrt{3}k(P)S(x)}, \quad (7.11)$$

По вычисленному значению находят значения $K_\varepsilon(\gamma)$.

γ	0	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2	3	4	5	∞
$K_\varepsilon(\gamma)$	1,00	0,80	0,75	0,72	0,71	0,72	0,75	0,79	0,82	0,85	1,00

Многократные измерения проводятся, как правило, для уменьшения влияния случайных погрешностей. Результат каждого измерения при этом дает оценку измеряемой величины.

Результат наблюдения отличается от истинного значения измеряемой величины из-за наличия случайной Δ и систематической Δ_s составляющих погрешности

$$x' = X + \Delta_s + \Delta$$

Если систематическая погрешность результата измерений известна, то вводят поправки

$$u_i = -\Delta_s$$

Подставим, получим

$$x = X + \Delta$$

Таким образом, задача сводится к установлению оценки $x = f(x)$. Если результаты измерений подчиняются нормальному закону распределения, то, как уже отмечалось, оптимальной оценкой распределения X является среднее арифметическое результатов измерений.

9.2 Обработка результатов измерений

В общем случае алгоритм обработки результатов измерений сводится к следующему.

1. Исключают из результатов наблюдений известные систематические погрешности. Если известно, что все результаты наблюдений имеют одинаковую систематическую погрешность, ее исключают из результата измерений.

2. Если есть подозрение о наличии грубых погрешностей, то их исключают из результатов измерения, используя критерии, приведенные в 6.2.

3. Вычисляют среднее арифметическое \bar{L}' исправленных результатов наблюдений.

4. Вычисляют оценку среднего квадратичного отклонения результата измерений

5. Рассчитывают оценку среднего квадратичного отклонения среднего арифметического значения по формуле

6. Определяют принадлежность результатов измеренийциальному распределению.

При числе результатов измерений $n > 50$ для проверки этой гипотезы используют критерии ω^2 или χ^2

Если $15 < n < 50$, то используют составной критерий (ГОСТ 8.207—76).

При $n < 15$ гипотеза о нормальности распределения не проверяется. В этом случае предполагается, что вид закона распределения известен заранее. Обработка результатов измерения при $n < 15$ (см. п. 6.5).

6.1. Проверка гипотезы с помощью критерия

6.2. Проверка гипотезы с помощью составного критерия

7. Находят доверительную погрешность результата измерений и доверительный интервал для среднего квадратичного отклонений.

7.1. Нахождение доверительных интервалов при известной точности измерений.

7.2. Нахождение доверительного интервала при неизвестной точности измерений. В этом случае используют распределение Стьюдента.

7.3. Нахождение доверительных интервалов для средней квадратичной погрешности.

8. Определяют границы θ неисключенной систематической погрешности. Если известно, что погрешность результата измерений определяется рядом составляющих неисключенных систематических погрешностей, каждая из которых имеет свои доверительные границы, то при неизвестных законах распределения их границы суммарной погрешности.

9.3 Эталоны единиц физических величин

Эталон (фр. *etalon*):

1. Точная мера или точный измерительный прибор, служащие для воспроизведения, хранения и передачи единицы измерения какой-либо величины.

1. Измерительный прибор большей точности, предназначенный для проверки других измерительных приборов.
2. Мерило, образец для подражания, сравнения.

Эталон метра.

Метр был впервые введён во Франции в XVII веке и имел первоначально два конкурирующих определения:

- как длина маятника с полупериодом качания на широте 45° , равным 1 с (в современных единицах эта длина равна примерно 0,981 м).
- как одна сорокамиллионная часть Парижского меридиана (то есть одна десятимиллионная часть расстояния от северного полюса до экватора по поверхности геоида на долготе Парижа).

Первоначально за основу было принято первое определение (8 мая 1790, Французское Национальное собрание). Однако, поскольку ускорение свободного падения зависит от широты и, следовательно, маятниковый эталон недостаточно воспроизводим, Французская Академия наук в 1791 предложила Национальному собранию определить метр через длину меридиана. 30 марта 1791 это предложение было принято. 7 апреля 1795 Национальный Конвент принял закон о введении метрической системы во Франции и поручил комиссарам, в число которых входили Кулон, Лагранж, Лавуазье, Лаплас и другие учёные, выполнить работы по экспериментальному определению единиц длины и массы. Первый прототип эталона метра был изготовлен из латуни в 1795 году. Следует отметить, что единица массы (килограмм, определение которого было основано на массе 1 dm^3 воды) также была привязана к определению метра.

В 1799 из сплава 90 % платины и 10 % иридия, был изготовлен эталон метра, длина которого соответствовала одной сорокамиллионной части Парижского меридиана. Впоследствии, однако, выяснилось, что из-за неправильного учёта полюсного сжатия Земли эталон оказался короче на 0,2 мм; таким образом, длина меридиана лишь приблизительно равна 40 000 км.

Во время правления Наполеона метрическая система распространилась по всей Европе. Только в Великобритании, которая не была завоёвана Наполеоном, остались традиционные меры длины: дюйм, фут и ярд.

В 1889 был изготовлен более точный международный эталон метра. Этот эталон также изготовлен из сплава платины и иридия и имеет поперечное сечение в виде буквы «Х». Его копии были переданы на хранение в страны, в которых метр был признан в качестве стандартной единицы длины. Этот эталон всё ещё хранится в Международном бюро мер и весов, хотя больше по своему первоначальному назначению не используется.

С 1960 было решено отказаться от использования изготовленного людьми предмета в качестве эталона метра, и с этого времени по 1983 метр определялся как число 1 650 763,73, умноженное на длину волн оранжевой линии (6056 \AA) спектра, излучаемого изотопом криптона-86 в вакууме.

Современное определение метра в терминах времени и скорости света было введено в 1983 году:

- *Метр — это длина пути, проходимого светом в вакууме за $(1 / 299\ 792\ 458)$ секунды.*

Из этого определения следует, что в системе СИ скорость света в вакууме принята равной в точности $299\ 792\ 458 \text{ м/с}$. Таким образом, определение метра, как и два

столетия назад, вновь привязано к секунде, но на этот раз с помощью универсальной мировой константы.

Эталон килограмма.

За международный прототип *килограмма* была принята масса цилиндра, сделанного из платино-иридиевого сплава, высотой и диаметром около 3,9 см. Вес этой эталонной массы, равной 1 кг на уровне моря на географической широте 45°, иногда называют килограмм-силой. Таким образом, ее можно использовать либо как эталон массы для абсолютной системы единиц, либо как эталон силы для технической системы единиц, в которой одной из основных единиц является единица силы.

Эталон секунды.

Современные **единицы измерения времени** основаны на периодах обращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, а также обращения Луны вокруг Земли. Такой выбор единиц обусловлен как историческими, так и практическими соображениями: необходимостью согласовывать деятельность людей со сменой дня и ночи или сезонов; смена фаз Луны влияет на высоту приливов.

На деле длительность солнечных суток — величина не постоянная. И хотя она изменяется совсем немного (увеличивается в результате приливов из-за действия притяжения Луны и Солнца в среднем на 0,0023 секунды в столетие за последние 2000 лет, а за последние 100 лет всего на 0,0014 секунды), этого достаточно для значительных искажений продолжительности секунды, если считать за секунду 1/86 400 часть продолжительности солнечных суток. Поэтому от определения «час — 1/24 суток; минута — 1/60 часа; секунда — 1/60 минуты» перешли к определению секунды в качестве основной единицы, основанной на периодическом внутриатомном процессе, не связанном с какими-либо движениями небесных тел (на неё иногда ссылаются как на секунду СИ, когда по контексту её можно спутать с секундой, определённой из астрономических наблюдений). Соответственно, минута определена как 60 секунд СИ, час как 60 минут и календарные сутки как 24 часа.

Так, считая, что в тропическом году 365,242 198 781 25 суток, а сутки полагая постоянной длительности (т. н. эфемеридное исчисление), получают, что в году 31 556 925,9747 секунд. Тогда полагают, что секунда — это 1/31 556 925,9747 часть тропического года. Вековое изменение продолжительности тропического года заставляет привязывать это определение к определённой эпохе; так, данное определение относится к тропическому году в момент 1900,0.

Отталкиваясь от секунды СИ, определяют также *юлианские сутки* (равные в точности 86 400 с; в настоящее время они короче средних солнечных суток на 2 миллисекунды) и *юлианский год* (точно 365,25 юлианских суток, или 31 557 600 с), иногда называемый также *научным годом*.

В системе СИ принято следующее определение «*атомной секунды*»: одна секунда — это интервал времени, равный 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного (квантового) состояния атома в покое при 0 К цезия-133. Это определение было принято в 1967 году (уточнение относительно температуры и состояния покоя появилось в 1997 году). Ранее пользовались эфемеридной секундой, основанной на астрономических наблюдениях.

Эталон Ампера.

Ампер — сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины с ничтожно малой площадью кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1

м один от другого, вызывал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Эталон Кельвина.

Кельвин равен $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды. Тройная точка, состояние равновесного существования. Тройная точка воды фаз вещества, обычно твердой, жидкой и газообразной. Тройные точки воды – точки существования льда, воды и пара.

Эталон Канделя.

Кандела – единица силы света, равная силе света в данном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение частоты 540 ТГц, сила излучения которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Вопросы для самоконтроля

1. Порядок обработки результатов измерений с одним наблюдением
2. Назовите этапы обработки многократных равноточных измерений.
3. Какие виды погрешностей определяются при обработке результатов многократных измерений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Радкевич Я. М., Схиртладзе А. Г., Лактеонов Б. И.. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: «Высшая школа», 2012, 766 с.

Лекция 10

ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА РФ (ГМИ).

10.1 Государственная метрологическая служба РФ (ГМИ). Организационные основы государственной метрологической службы

Формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений
Государственное регулирование в области обеспечения единства измерений осуществляется в следующих формах:

- 1) утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений;
- 2) поверка средств измерений;
- 3) метрологическая экспертиза;
- 4) государственный метрологический надзор;
- 5) аттестация методик (методов) измерений;
- 6) аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и (или) оказание услуг в области обеспечения единства измерений.

Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений

1. Тип стандартных образцов или тип средств измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежит обязательному утверждению. При утверждении типа средств измерений устанавливаются показатели точности, интервал между поверками средств измерений, а также методика поверки данного типа средств измерений.

2. Решение об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений принимается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений, на основании положительных результатов испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа.

3. Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений удостоверяется свидетельством об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, выдаваемым федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений. В течение срока действия свидетельства об утверждении типа средств измерений интервал между поверками средств измерений может быть изменен только федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений.

4. На каждый экземпляр средств измерений утвержденного типа, сопроводительные документы к указанным средствам измерений и на сопроводительные документы к стандартным образцам утвержденного типа наносится знак утверждения их типа. Конструкция средства измерений должна обеспечивать возможность нанесения этого знака в месте, доступном для просмотра. Если особенности конструкции средства измерений не позволяют нанести этот знак непосредственно на средство измерений, он наносится на сопроводительные документы.

5. Испытания стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа проводятся юридическими лицами, аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений.

6. Сведения об утвержденных типах стандартных образцов и типах средств измерений вносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

7. Порядок проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, порядок утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, порядок выдачи свидетельств об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, установления и изменения срока действия указанных свидетельств и интервала между поверками средств измерений, требования к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядок их нанесения устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа и порядок утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений устанавливаются с учетом характера производства стандартных образцов и средств измерений (серийное или единичное производство).

8. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие разработку, выпуск из производства, ввоз на территорию Российской Федерации, продажу и использование на территории Российской Федерации не предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений стандартных образцов и средств измерений, могут в добровольном порядке представлять их на утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений.

Проверка средств измерений

1. Средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации - периодической поверке. Применяющие средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны своевременно представлять эти средства измерений на поверку.

2. Проверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

3. Правительством Российской Федерации устанавливается перечень средств измерений, поверка которых осуществляется только аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений государственными региональными центрами метрологии.

4. Результаты поверки средств измерений удостоверяются знаком поверки и (или) свидетельством о поверке. Конструкция средства измерений должна обеспечивать возможность нанесения знака поверки в месте, доступном для просмотра. Если особенности конструкции или условия эксплуатации средства измерений не позволяют нанести знак поверки непосредственно на средство измерений, он наносится на свидетельство о поверке.

5. Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

6. Сведения о результатах поверки средств измерений, предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений проводящими поверку средств измерений юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

7. Средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут подвергаться поверке в добровольном порядке.

Метрологическая экспертиза

1. Содержащиеся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требования к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений подлежат обязательной метрологической экспертизе. Заключения обязательной метрологической экспертизы в отношении указанных требований рассматриваются принимающими эти акты федеральными органами исполнительной власти. Обязательная метрологическая экспертиза содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений проводится государственными научными метрологическими институтами.

2. Обязательная метрологическая экспертиза стандартов, продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов проводится также в порядке и случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации. Указанную экспертизу проводят аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

3. Порядок проведения обязательной метрологической экспертизы содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

4. В добровольном порядке может проводиться метрологическая экспертиза продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов, в отношении которых законодательством Российской Федерации не предусмотрена обязательная метрологическая экспертиза.

Государственный метрологический надзор

1. Государственный метрологический надзор осуществляется за:

1) соблюдением обязательных требований в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений к измерениям, единицам величин, а также к эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений при их выпуске из производства, ввозе на территорию Российской Федерации, продаже и применении на территории Российской Федерации;

2) наличием и соблюдением аттестованных методик (методов) измерений;

3) соблюдением обязательных требований к отклонениям количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения.

2. Государственный метрологический надзор распространяется на деятельность юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих:

1) измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

2) выпуск из производства предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений эталонов единиц величин, стандартных образцов и средств измерений, а также их ввоз на территорию Российской Федерации, продажу и применение на территории Российской Федерации;

3) расфасовку товаров.

3. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие выпуск из производства предназначенных для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений эталонов единиц величин, стандартных образцов и средств измерений, а также их ввоз на территорию Российской Федерации и продажу, обязаны уведомлять о данной деятельности федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по государственному метрологическому надзору, не позднее трех месяцев со дня ее осуществления. Порядок уведомления устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений.

4. Обязательные требования к отклонениям количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения при их расфасовке устанавливаются техническими регламентами. В технических регламентах также могут содержаться обязательные требования к оборудованию, используемому для расфасовки и контроля расфасовки, правила оценки соответствия отклонения количества фасованных товаров в упаковках от заявленного значения, обязательные требования к упаковке, маркировке или этикеткам фасованных товаров и правилам их нанесения.

Федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие государственный метрологический надзор

1. Государственный метрологический надзор осуществляется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по государственному метрологическому надзору, а также другими федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными Президентом Российской Федерации или Правительством Российской Федерации на осуществление данного вида надзора в установленной сфере деятельности.

2. Порядок осуществления государственного метрологического надзора, взаимодействия федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственный метрологический надзор, а также распределение полномочий между ними устанавливается Президентом Российской Федерации или Правительством Российской Федерации в пределах их компетенции. При распределении полномочий между федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный метрологический надзор, не допускается одновременное возложение полномочий по проверке соблюдения одних и тех же требований у одного субъекта проверки на два и более федеральных органа исполнительной власти.

Ответственность юридических лиц, их руководителей и работников, индивидуальных предпринимателей

Юридические лица, их руководители и работники, индивидуальные предприниматели, допустившие нарушения законодательства Российской Федерации об обеспечении единства измерений, необоснованно препятствующие осуществлению

государственного метрологического надзора и (или) не исполняющие в установленный срок предписаний федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственный метрологический надзор, об устранении выявленных нарушений, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите формы государственного регулирования в области метрологии
2. Что такое тип средства измерений
3. Дайте определения понятию поверка средств измерений
4. Дайте определение понятию метрологическая экспертиза
5. Назовите формы государственного надзора в области метрологии
6. Назовите формы ответственности за нарушение законодательства в области метрологии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Федеральный закон РФ «Об обеспечении единства измерений», 2012.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и сертификация : учебник. -5-е изд. / И. М. Лифиц. – М : Юрайт-Издат, 2012. – 345 с.
2. Голубенко, О. А. Стандартизация, метрология и сертификация / О. А. Голубенко, Н. В. Коник. – Саратов : Издательский центр «Наука», 2014 – 144 с.
3. Государственные, европейские и международные стандарты.
 4. Сергеев, А. Г. Сертификация : Учебное пособие для студентов вузов. – М. : изд. Корпорация «Логос», 2135. – 248с.
 5. Дубовой, Н.Д. Основы метрологии, стандартизации, сертификации / Дубовой Н.Д., Портнов Е.М.: учебное пособие. – М.: ИД «Форум» : ИНФРА – М, 2012. – 256 с.
 6. Закон РФ «О техническом регулировании» №184-ФЗ, 2012 г.
 7. Андреев Б.Я., Алексеев В.В., Антонюк Е.М. Метрология, стандартизация и сертификация, М, АТАДЕМА, 2012, 378 стр.