

Метрология, стандартизация и сертификация: конспект лекций

1. Введение. Цель и задачи дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Глава 1 Метрология

§1 Объект и предмет метрологии

Метрология (от греч. «metron» – мера, «logos» – учение) – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и методах и средствах

обеспечения их требуемой точности. Любая наука является состоявшейся, если она имеет свой объект, предмет и

методы исследования. Предмет любой науки отвечает на вопрос ЧТО ей изучается.

Предметом метрологии является измерение свойств объектов (длины, массы,

плотности и т.д.) и процессов (скорость протекания, интенсивность

протекающих процессов). Объектом метрологии является физическая величина. (Понятие

«физическая величина» с заданной точностью и достоверностью.

«физическая величина» будет рассмотрено в теме «Основные понятия и определения метрологии»). Объект науки может быть общим для ряда других наук.

§1 Объект и предмет метрологии

Метрологию разделяют на три основных раздела: «Теоретическая метроло-

гия», «Прикладная (практическая) метрология» и «Законодательная метрология».

Важнейшей задачей метрологии является обеспечение единства измерений. Понятие

«единство измерений» будет рассмотрено в следующем параграфе.

§2 Основные понятия и определения метрологии

Мера – это средство измерения, предназначенное для воспроизведения ф.в. за-

данного размера.

Физическая величина – это одно из свойств физического объекта, общее в ка-

чественном отношении для многих физических объектов, но в количественном от-

ношении индивидуальны для каждого объекта. **Измеряемые и оцениваемые.**

Измеряемые физические величины могут быть выражены количественно в ус-

тановленных единицах измерения (единицах физической величины).

Оцениваемые физические величины это величины, для которых единицы изме-

рений не могут быть введены. Их определяют при помощи установленных физических величины классифицируются по следующим видам явлений: шкал.

а) вещественные – они описывают физические и физико-химические свойства

веществ, материалов и изделий из них;

б) энергетические – описывают энергетические характеристики

процессов преобразования, передачи и поглощения (использование)

§2 Основные понятия и определения метрологии

в) физические величины, характеризующие протекание процессов во времени.

Единицей физической величины – называют физическую величину фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение равное единице, и

которое применяется для количественного выражения однородных с ней физических величин. Различают **основные и производные** единицы физических величин. Для

некоторых физических величин единицы устанавливаются произвольно, такие единицы физических величин называют **основными**.

Производные единицы физических величин получают по формулам из основных единиц физических величин.

Система единиц физических величин – это совокупность основных и производных единиц физических величин, относящихся к некоторой системе величин.

§2 Основные понятия и определения метрологии

Так, в международной системе единиц **СИ** (Система Интернациональная) принято семь основных единиц физических величин: единица времени – **секунда** (с), единица длины – **метр** (м), массы – **килограмм** (кг), единица силы электрического тока – **ампер** (А), термодинамической температуры – **кельвин** (К), силы света – **кандела** (кд) и единица количества вещества – **моль** (моль).

Эталон единицы физической величины – это средство измерения, предназначенное для хранения и воспроизведения единицы физической величины с целью её передачи другим средствам измерений данной величины.

Понятие единство измерений характеризует состояние измерений, когда их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны и не выходят

§2.1 Классификация погрешностей измерения

Погрешности классифицируются по следующим признакам:

1 По форме числового выражения

- а) абсолютные;
- б) относительные.

Например, вагон массой 50т измерен с абсолютной погрешностью ± 50 кг, а в относительном выражении эта погрешность составит 0,1%.

2 По источникам возникновения

- а) инструментальные (обусловленные свойствами средств измерения твердости, геометрических параметров и т.д.);
- б) методические погрешности, возникающие в результате несовершенства принятого метода измерений, при использовании эмпирических зависимостей (формула получена на основе эксперимента) и т.д.;
- в) субъективные – погрешности оператора.

3 По характеру проявления

- а) систематическая – такая погрешность в процессе измерения одной и той же ф.в. остается постоянной или изменяется по определенному закону при одинаковых условиях измерения, т.е. не меняются внешние условия измерения (температура, давление, влажность, уровень вибраций и др.), оператор, класс точности

§2.1 Классификация погрешностей измерения

– временная;

б) случайная – это погрешность, которая изменяется случайным образом при повторном измерении одной и той же величины в одних и тех же условиях.

7Случайные погрешности, в отличие от систематических, изменяются хаотично по неизвестному закону.

§2.2 Эталоны единиц физических величин

Эталоны физических величин – это средство измерения, предназначенное для воспроизведения и хранения физической величины с целью ее передачи другим средствам измерения данной величины.

Все эталоны делятся на два больших вида:

1 Государственный первичный эталон. Он утвержден в качестве исходного для всей страны.

2 Вторичные эталоны, которые делятся на четыре группы:

А) Эталоны – **свидетели**. Они предназначены для замены государственного первичного эталона в случае его порчи или утраты.

Б) Эталоны – **сравнения**. Служат для сличения эталонов, которые по каким-либо причинам не могут непосредственно сличаться друг с другом.

В) Эталоны – **копии**. Используются для передачи размеров к рабочим эталонам.

Г) **Рабочие** эталоны. Применяются для контроля качества продукции, а также для поверки рабочих средств измерения.

§3 Измерение физических величин

Измерение – это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Истинное значение физической величины – это значение, идеально отражающее соответствующее свойство объекта, как в количественном, так и в качественном отношениях.

Действительное значение физической величины – это значение, найденное опытным путём и настолько приближенное к истинному, что для данной цели может быть принято вместо него.

Измеренное значение физической величины – это значение, полученное при измерении с применением конкретных методов и средств измерений.

Свойства измерений:

а) **точность** – это свойство измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины;

б) **правильность** – это свойство измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах. Результаты измерений правильны, ко-

гда они не искажены систематическими погрешностями;

в) **сходимость** – это свойство измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях одним и тем же сред

г) **воспроизводимость** – это свойство измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений выполняемых в разных условиях, т.е. в разное время, в разных местах, разными методами и средствами измерений.

Воспроизводимость – важное качество при испытаниях готовой продукции.

§3.1 Классификация измерений

Измерения классифицируются по следующим признакам:

1 По физической сущности измеряемой величины

2 По характеристике точности

А) **Равноточные измерения** – это ряд измерений какой-либо физической величины

выполненных при одинаковых условиях (одно и то же средство измерения, параметры среды, один и тот же оператор и т.д.)

Б) **Неравноточные измерения** – это ряд измерений какой-либо физической ве-

личины выполненных либо разными по точности приборами, либо при разных условиях измерения.

3 По числу измерений

А) **Однократные измерения**

Б) **Многократные измерения** – измерения одной и той же физической величины

ны результат, которого получен из нескольких следующих друг за другом

§3.1 Классификация измерений

4 По изменению измеряемой величины во времени

А) **Статические**

Б) **Динамические** (при которых измеряемая величина изменяется во времени)

5 По метрологическому назначению

А) **Технические**

Б) **Метрологические**

6 По выражению результатов измерения

А) **Абсолютные** – измеряемые в кг., м., Н и т.д.

Б) **Относительные** – измеряемые в долях или процентах.

7 По способу получения числового значения физической величины

А) **Прямые** – это измерения, при которых искомое значение физической величины получают непосредственно.

Б) **Косвенные** – это измерения, при которых искомое значение физической величины получают на основании прямых измерений других физических величин.

В) **Совместные измерения** – одновременное измерение двух или нескольких не

одноименных ФВ для определения зависимости между ними.

Г) **Совокупные** – это одновременное измерение нескольких одноименных физических величин, а искомое значение величин находят путем решения

§3.2 Методы измерения физических величин

Метод измерений – это приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствие с реализованным принципом измерений. Методы измерений определяются видом измеряемых величин, их размерами, требуемой точностью результата, требуемой быстротой процесса измерения и прочими данными.

В предыдущей теме перечислялись виды измерений по способу получения числового значения.

Наибольшее распространение, на практике, получили прямые измерения из-за их простоты и скорости исполнения.

Прямые измерения можно производить следующим **методами**, которые можно

разделить на две основных группы:

1 Метод **непосредственной оценки** – значение величины определяют непосредственно по отсчётному устройству мерительного прибора (силу тока по амперметру, массы – по циферблатным весам и т.д.).

§3.2 Методы измерения физических величин

2 Метод сравнения с мерой – измеряемую величину сравнивают с величиной воспроизводимой мерой (измерение массы рычажными весами с уравниванием гирями).

А) **Дифференциальный метод** – метод сравнения с мерой, при котором на измерительный прибор действует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой (измерения, выполняемые при проверке мер длины сравнением с образцовой мерой на компараторе).

Б) **Нулевой метод** – метод сравнения с мерой, когда результирующий эффект воздействия на прибор сравнения доводят до нуля (измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием).

В) **Метод совпадений** – метод сравнения с мерой, при котором разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал прибора (измерение линейных размеров с помощью штангенциркуля).

Г) **Метод замещения** – метод сравнения с мерой, когда измеряемую величину замещают известной величиной воспроизводимой мерой (определение массы с помощью гири).

§3.3 Понятие о средстве измерений

Средство измерений – это техническое средство или комплекс средств, предназначенное для измерений. Оно имеет нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие или хранящие единицу физической величины.

Средство измерений должно реализовывать одну из следующих функций:

- **воспроизводить величину** заданного размера;
- **вырабатывать сигнал**, несущий информацию о значении измеряемой величины.

Такие сигналы могут либо непосредственно восприниматься органами чувств человека, либо проходить через вспомогательные (преобразующие приборы для этого).

Все средства измерений можно классифицировать по двум основным признакам:

1 По метрологическому назначению средства измерения делятся на:

- а) **Рабочие средства измерения** – применяются для проведения технических измерений.

§3.3 Понятие о средстве измерени

– **лабораторные** (используются при научных исследованиях, при проектировании технических устройств, а также для проведения медицинских измерений);

– **производственные** (используются для контроля качества продукции на про-

изводстве и для контроля технологического процесса производства);

– **полевые** (используются непосредственно на всех видах транспорта).

б) **Эталоны**

2) По конструктивному исполнению средства измерения делятся на:

а) **меры физической величины** – это средства измерения, предназначенные для

хранения и воспроизведения единицы физической величины

б) **измерительные приборы** – это средство измерения, предназначенное для по-

лучения значений измеряемой физической величины в заданных пределах.

Прибор, как правило, содержит устройство для преобразования измерительной величины, а также индикацию в наиболее доступной для восприятия форме.

в) **измерительные преобразователи** – это средства измерений, предназначен-

§3.3 Понятие о средстве измерений

г) **измерительная установка** – это комплекс функционально объединенных мер, измерительных преобразователей, измерительных приборов и других устройств, предназначенных для измерения одной или нескольких физических величин.

Как правило, этот комплекс располагается в одном месте, например испытательный стенд

д) **измерительная система** – это совокупность функционально объединенных измерительных приборов, мер, измерительных преобразователей и других технических средств, размещенных в различных точках контролируемого пространства и предназначенных для измерения одной или нескольких физических величин

§3.4 Метрологические характеристики средств измерений и контроля

Эта характеристика одного из средств измерения влияющая на результат и его погрешность.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся метрологические характеристики средств измерений и контроля:

Цена деления шкалы прибора – это разность величин, соответствующих двум

соседним отметкам шкалы. Она всегда указывается на шкале прибора.

Длина деления шкалы прибора – это фактическое расстояние между осями (центрами) соседних отметок шкалы прибора.

Начальное и конечное значение шкалы – наименьшее и наибольшее значение

измеряемой величины, которые могут быть отсчитаны по шкале данного средства измерения.

Диапазон показаний средства измерений – это область значений шкалы прибо-

ра, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.

Существуют средства измерения, начальное значение которых не равно

§3.4 Метрологические характеристики средств измерений и контроля

Измерительное усилие – это усилие, возникающее в зоне контакта измеритель-

ного наконечника прибора с измеряемой поверхностью.

Перепад измерительного усилия – разность измерительного усилия при двух положениях указателя в пределах диапазона показаний.

Чувствительность – это способность средства измерения реагировать на изменения измеряемой величины. Определяется как отношение изменения выходного сигнала средств измерения к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Порог чувствительности средств измерения – то наименьшее значение изменения физической величины, с которого возможно начать измерение этой величины данным средством измерения.

Вариация показаний измерительного прибора – это разность показаний прибо-

ра в одной и той же точке диапазона показаний при плавном подходе к этой точке

показывающего элемента (стрелки) со стороны больших и меньших значений измеряемой величины.

§4 Правовые основы метрологии

Главным законодательным актом, обеспечивающим единство измерений, является **Закон РФ «Об обеспечении единства измерений»**. Этот Закон направлен на

защиту прав граждан и их интересов, а также на защиту интересов экономики страны от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

Единство измерений – характеристика качества измерений. Она заключается в том, что результаты измерений выражаются в установленных единицах, чьи размеры

равны размерам воспроизводимых величин (с учетом погрешностей).

Закон определяет:

- 1) Основные метрологические понятия
- 2) Компетенцию Госстандарта России в обеспечении единства измерений
- 3) Единицы ФВ, государственные эталоны, средства и методики измерений
- 4) Компетенцию и структуру государственной метрологической службы
- 5) Метрологические службы государственных органов управления предприятий и организаций
- 6) Сферы распространения и виды государственного метрологического контроля и надзора
- 7) Права, обязанности и ответственность государственных инспекторов по обеспечению единства измерений

§4 Правовые основы метрологии

- 8) Закон определяет условия испытаний средств измерения
- 9) Требования к выполнению измерений по аттестованным методикам
- 10) Основные положения калибровки и сертификации средств измерения
- 11) Лицензирование деятельности организаций и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений
- 12) Источники финансирования работ по обеспечению единства измерений
- 13) Ответственность за нарушение положений этого закона

Кроме того, законом об «Обеспечении единства измерений» определяются сферы деятельности, в которых соблюдение метрологических требований, обяза-

тельно и на которые распространяется государственный метрологический надзор:

- здравоохранение, ветеринария, охрана окружающей среды и обеспечение безопасности труда
- испытания и контроль качества продукции с целью определения соответствия обязательным требованиям государственного стандарта РФ¹²
- обеспечение обороны страны
- на обязательную сертификацию продукции и услуг
- на торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом,

в том числе на операции с применением игровых автоматов

§4 Правовые основы метрологии

- измерения, проводимые по поручениям органов суда, прокуратуры и государственных органов управления РФ
- на продукцию, поставляемую по контрактам для государственных нужд
- на геодезические и гидрометрические измерения
- на банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции
- на регистрацию национальных и международных рекордов

Государственная система обеспечения единства измерений состоит из нормативных документов устанавливающих правила и требования на достижение и поддержание единства измерений в РФ при требуемой точности.

§5 Метрологические службы,

обеспечивающие единство измерений

Государственная метрологическая служба несет ответственность за метро-

логическое обеспечение в стране на межотраслевом уровне и осуществляет госу-дарственный контроль и надзор в определенных законом сферах.

В состав государственной метрологической службы входят:

1 Государственные научные метрологические центры – органы госу-дарствен-

ной метрологической службы на территориях республик, областей, автономных округов, автономных областей, а также государственные метрологические службы городов Москвы и Санкт-Петербурга.

Государственные научные метрологические центры являются хранителями государственных эталонов. Они проводят исследования в области теории измерений, а также в области применения принципов и методов высокоточных измерений; занимаются разработкой научно-методических основ совершенствования Российской системы измерений; разрабатывают нормативные документы по обеспечению един ства измерений.

2 Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли.

Государственная служба времени, частоты занимается межрегиональной и межотраслевой координацией работ по обеспечению единства измерений времени и частот, а также по определению параметров частот вращения

§5 Метрологические службы, обеспечивающие единство измерений

. Также она занимается хранением и передачей размеров единиц времени, шкал атомного всемирного и координатного времени, координат полюсов Земли. Измерительную информацию этой службы используют службы навигации и управления судами, самолетами и спутниками, а также единая измерительная служба России.

3 Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов

Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материала организует создание и применение эталонных образцов состава и свойств веществ и материалов (металлов, сплавов, медицинских продуктов, минерального сырья, почв и т.д.). Служба также разрабатывает средства сравнения стандартных образцов с характеристиками веществ и материалов, которые производятся промышленными, сельскохозяйственными и др. предприятиями для их идентификации и контрол.

4 Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов

Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов обеспечивает разработку достоверных данных о физических константах, о свойствах веществ и материалах, а также о свойствах минерального сырья. Потребителями такой информации являются организации, создающие новую технику и технологии, к точности характеристик, которой предъявляют особое высокое требование.

§6 Передача размеров единиц физических величин

Передача размеров единиц физических величин – это приведение размеров единицы физической величины хранимой поверяемым средством измерения к размеру единицы ф.в., хранимой и воспроизводимой эталоном, осуществляемое при их поверке или калибровке. Размер передаётся от более точных средств измерений к менее точным. Суть поверки и калибровки средств измерений заключается в нахождении погрешности средства измерения и установлении его пригодности к использованию.

Поверка средств измерений – это совокупность операций выполняемых государственной метрологической службой с целью определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным

§6 Передача размеров единиц физических величин

Поверка носит обязательный характер, и проводится в отношении средств измерений, которые применяются в установленных законом сферах (здравоохранение, охрана окружающей среды, обеспечение обороноспособности страны и т.д.)

Калибровка средств измерений – это комплекс операций осуществляемых с целью определения и подтверждения действительных характеристик средств измерения и пригодности к применению этих средств измерений (неподлежащие государственному контролю и надзору). Калибровка носит добровольный характер.

Сопоставление государственного эталона, вторичного эталона и рабочих средств измерений определено государственной поверочной схемой.

Поверочная схема – документ, устанавливающий средства (с помощью чего),

методы (каким образом) и точность передачи размеров единиц от государственного эталона к рабочим средствам измерения.

§6 Передача размеров единиц физических величин

Виды поверок средств измерения

В РФ применяются следующие виды поверки средств измерения:

- а) **первичная поверка**, ей подлежат средства измерений при выпуске из производства после ремонта, а также средства измерений ввозимые по импорту.
- б) **периодическая поверка**, такой поверке подлежат средства измерения находящиеся в эксплуатации или на хранении.
- в) **внеочередная поверка**, осуществляется при эксплуатации и хранении в следующих случаях:
 - повреждение поверительного клейма;
 - утрата свидетельства о поверке;
 - ввод в эксплуатацию средства измерения, длительное время находящегося на хранении (длительность определяется государственной метрологической службой);
 - неудовлетворительная работа прибора.

§ 6 Передача размеров единиц физических величин

г) инспекционная поверка, ее проводят для подтверждения пригодности к применению средств измерений. При проведении государственного метрологического надзора.

д) экспертная поверка, производится при возникновении спорных вопросов по метрологическим характеристикам средств измерений, их исправности и пригодности к применению.

§7 Государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерения

Государственный метрологический контроль и надзор – это деятельность, осуществляемая органами государственной метрологической службы по проверке

юридических лиц на соответствие Закону «Об обеспечении единства измерений» и требованиям государственных стандартов и другим нормативным документам в области метрологии.

Государственный метрологический контроль осуществляется путем:

- калибровки средств измерений

- надзор за состоянием и применением средств измерений, за выполнением

- методик измерений и контроль мер применяемых при калибровке (контроль эталонов)

- выдача обязательных предписаний с целью устранения нарушений метрологических правил и норм

- проверка своевременности представления средств измерений на испытания

- для утверждения типа средств измерений, а также на поверку или калибровку

§7 Государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерения

Государственный метрологический контроль включает:

1 Утверждение типа средств измерений необходимо для постановки на производство и выпусков в обращение новых типов средств измерений или при их ввозе по импорту. Процедура утверждения типа предусматривает обязательные испытания

средств измерений. Принятие решения об утверждении типа, ее государственную

регистрацию и выдачу сертификата об утверждении типа средства измерения. На

средство измерения утвержденного типа наноситься специальное клеймо.

2 Поверка средств измерения, в том числе эталонов осуществляется органами

государственного метрологического контроля и надзора РФ. В отличие от процедуры утверждения типа средства измерения, в котором участвует только одно средство измерения представляющее тип, поверке подлежит каждое средство измерения.

3 Согласно закону об обеспечении единства измерений деятельность по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений должна подвергаться лицензированию органами государственной метрологической

§7 Государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерения

Лицензия – это документально оформленное решение, выдаваемое органами ГМС юридическому или физическому лицу на осуществление деятельности по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерения. По настоящему законодательству лицензия выдается **не более чем на 5 лет**.

Государственный метрологический надзор производится на предприятиях и в организациях независимо от подчинённости и форм собственности в виде проверок соблюдения норм в соответствии с Законом «Об обеспечении единства измерений».

Государственный метрологический надзор следит:

- за выпуском, состоянием и применением средств измерения
- за аттестованными методиками измерений
- за эталонами единиц ФВ

§7 Государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерения

- за соблюдением правил и норм, касающихся метрологии на предприятиях
- за количеством отчуждаемых товаров
- за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их фасовке и продаже

Проверки, проводимые органами государственной метрологической службы,

могут быть: плановыми, внеплановыми, повторными.

Плановая проверка не реже одного раза в 3 года.

Внеплановые проверки производятся по инициативе потребителей (общество

защиты прав потребителей, налоговой инспекцией). Повторная проверка осуществляется для контроля выполнения предписаний выданных органами государственной метрологической службы. При этом срок проведения повторных проверок указан в предписании¹⁶