

# Метрология, стандартизация и сертификация

## Лекция 1

# Метрология

- *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.
- *Предметом метрологии* является измерение свойств объектов (длины, массы, плотности и т.д.) и процессов (скорость протекания, интенсивность протекания и др.) с заданной точностью и достоверностью.
- *Объектом метрологии* является физическая величина.
- Метрологию разделяют на три основных раздела: «Теоретическая метрология», «Прикладная (практическая) метрология» и «Законодательная метрология». Важнейшей задачей метрологии является обеспечение единства измерений.

# МБМВ



Бюро мер и весов  
в Париже



# Международное бюро мер и весов

*МБМВ Bureau International des Poids et Mesures, BIPM*) —

постоянно действующая международная организация со штаб-квартирой, расположенной в городе Севр, Франция.

Учреждено в 1875 году, вместе с подписанием Метрической конвенции. Основная задача Бюро заключается в обеспечении существования единой системы измерений.

В МБМВ хранятся международные эталоны основных единиц и выполняются международные метрологические работы, связанные с разработкой и хранением международных эталонов и сличением национальных эталонов с международными и между собой.

В МБМВ проводятся исследования в области метрологии, направленные на увеличение точности измерений.

По состоянию на 23 марта 2019 года 60 стран являлись членами и 42 страны и организации являлись ассоциированными членами МБМВ.

# Главная палата мер и весов



**Главная палата мер и весов** учреждена в 1893 году в Санкт-Петербурге по инициативе Д.И. Менделеева, учёного-хранителя Депо образцовых мер и весов, которое и было преобразовано в Главную палату.

- Главная палата мер и весов являлась центральным учреждением Министерства финансов, заведовавшим поверочной частью в Российской империи и подчиненным отделу торговли.
- По Положению о мерах и весах 1899 задачей Палаты являлось «сохранение единообразия, верности и взаимного соответствия мер и весов» по закону 1901 на нее было возложено заведование местными поверочными палатками, а также решение различных вопросов по метрологии и ведение отчетности по поступлению сборов за клеймение мер и весов.
- В настоящее время — ВНИИ метрологии им. Д.И. Менделеева.
- Сегодня ВНИИМ является одним из крупнейших мировых центров научной и практической метрологии, головной организацией страны по фундаментальным исследованиям в метрологии и главным центром

# Часы под аркой Главного Штаба в Петербурге



Менделеев, бывший в то время главой Палаты Мер и Весов, высказался в том духе, что "Главная палата берет на себя ответственность за время, но не за архитектурные приспособления". Часы, называемые еще "часами Менделеева," были установлены в 1900г., и даже сегодня считаются самыми точными в Петербурге.

# Основные понятия и определения метрологии

**Средства измерений** – это технические средства, применяемые для проведения измерений и имеющие нормированные метрологические свойства.

К средствам измерений относятся:

## 1. Меры

- Однозначные (образцы и образцовые вещества);
- Многозначные (линейки, конденсаторы переменной емкости и др.)

2. Измерительные приборы;

3. Измерительные преобразователи;

4. Измерительные установки;

5. Измерительные системы.

**Мера** - это средство измерения, предназначенное для воспроизведения ф.в. заданного размера.

- *Однозначная* – мера воспроизводящая физические величины одного размера (например гиря 1кг);
- *Многозначная* – мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров. Например, миллиметровая линейка.
- *Стандартные образцы* – это специально оформленные тела, используемые для настройки и поверки приборов. *Например, стандартные образцы твердости, шероховатости используемые для определения механических свойств материалов.*
- *Образцовые вещества*- пробы веществ определенного и строго регламентированного содержания. Они так же используются в получении точек при создании шкал.

**Измерение** – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных средств измерения.

**Физическая величина** - это одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого физического объекта.

Физические величины делятся на *измеряемые* и *оцениваемые*.

*Измеряемые физические величины* могут быть выражены количественно в установленных единицах измерения (единицах физической величины).

*Оцениваемые физические величины* это величины, для которых единицы измерений не могут быть введены.

**Международная система 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).

# ЭТАЛОНЫ

- *Эталон единицы физической величины* - это средство измерения, предназначенное для хранения и воспроизведения единицы физической величины с целью её передачи другим средствам измерений данной величины.
- Все эталоны делятся на два больших вида:
- Государственный первичный эталон. Он утвержден в качестве исходного для всей страны.
- Вторичные эталоны, которые делятся на четыре группы
  - А) Эталоны - свидетели. Предназначены для замены государственного первичного эталона в случае его порчи или утраты.
  - Б) Эталоны - сравнения. Служат для сличения эталонов, которые 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.

# Основные виды погрешностей и их классификация

**Погрешность** результата измерения – это отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения

## • Классификация погрешностей измерения

А) по форме количественного выражения погрешности измерений разделяют на: абсолютные и относительные <sup>$x_{изм}$</sup> .

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

• .

**Абсолютная погрешность**– это значение, вычисляемое как разность между значением величины, полученным в процессе измерений, и настоящим (действительным) значением данной величины. Абсолютная погрешность вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta = |x_{\text{изм}} - x_{\text{Д}}|$$

где  $\Delta$ - абсолютное значение погрешности. Она может иметь знак + или-. По этому ее значение берется по модулю.

**Относительная погрешность**– это число, отражающее степень точности измерения. Относительная погрешность вычисляется по следующей формуле:

$$\varrho = \frac{\Delta}{x}$$

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \times 100\%$$

где  $x$  – действительное или измеренное значение величины. Относительная погрешность выражается в процентах.

## Б) По закономерности проявления

**Систематическая - погрешность** измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины.

**Случайная** - это **погрешность измерения**, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же физической величины.

**Промех**- погрешность результата отдельного измерения, входящая в ряд измерений, которая для данных условий измерений резко отличается от остальных результатов этого ряда.

## **В) По причинам возникновения:**

- - *инструментальные* (обусловленные свойствами средств измерения твердости, геометрических параметров и т.д.);
- - *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

# Погрешность средств измерений

Разность между показаниями средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Класс точности средства измерения – обобщенная характеристика, отражающая уровень точности средств измерений, выражаемая пределами допускаемых погрешностей.

Под пределом допускаемой погрешности средства измерения – понимают наибольшее значение погрешности средств измерений, *устанавливаемое нормативным документом для данного типа средства измерений*, при котором они еще признаются годными к применению.

Пределы допускаемых погрешностей нормируют и выражают в форме абсолютной, относительной или приведенной погрешности средства измерения.

Класс точности обозначают:

- Прописными буквами латинского алфавита (L, M, C и т.д.) либо римскими цифрами (I, II, III и т.д.).
- Нормируемыми числами или их отношениями, выбранными из следующего ряда предпочтительных чисел –

$$1 \cdot 10^n ; 1,5 \cdot 10^n ; 2 \cdot 10^n ; 2,5 \cdot 10^n ; 4 \cdot 10^n ; 5 \cdot 10^n ; 6 \cdot 10^n ,$$

где  $n=1, 0, -1, -2, -3, \dots$  и т. Д.

# 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, когда 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 средством измерения одним и тем же оператором. Сходимость - важное качество для методики измерений;
- 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..

# 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.

- 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.
  - *лабораторные* (используются при научных исследованиях, для проведения медицинских измерений);
  - *производственные* (используются для контроля качества продукции на производстве 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 получения 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, предназначенные для преобразования измерений физической величины в другую величину удобную для переработки, хранения и, при необходимости, дальнейшего преобразования

- 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

# Правовые основы метрологии

- Главным законодательным актом, обеспечивающим единство измерений, является Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ . Этот Закон направлен на защиту прав граждан и их интересов, а также на защиту интересов экономики страны от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.
- Закон определяет:
  - Основные метрологические понятия
  - Компетенцию Госстандарта России в обеспечении единства измерений
  - Единицы ФВ, государственные эталоны, средства и методики измерений
  - Компетенцию и структуру государственной метрологической службы
  - Метрологические службы государственных органов управления предприятий и организаций

- Сферы распространения и виды государственного метрологического контроля и надзора
- Права, обязанности и ответственность государственных инспекторов по обеспечению единства измерений
- Закон определяет условия испытаний средств измерения
- Требования к выполнению измерений по аттестованным методикам
- Основные положения калибровки и сертификации средств измерения
- Лицензирование деятельности организаций и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений
- Источники финансирования работ по обеспечению единства измерений
- - Ответственность за нарушение положений этого закона

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

# Метрологические службы,

## обеспечивающие единство измерений

Государственная метрологическая служба несет ответственность за метрологическое обеспечение в стране на межотраслевом уровне и осуществляет государственный контроль и надзор в определенных законом сферах.

В состав государственной метрологической службы входят:

1. Государственные научные метрологические центры - органы государственной метрологической службы на территориях республик, областей, автономных областей, государственные метрологические службы Москвы и Санкт-Петербурга.
2. Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли.
- 3. Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов
4. Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов
- 5. Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов

# 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 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

# Поверка и калибровка средств измерений

- *Поверка средств измерений* - это совокупность операций выполняемых государственной метрологической службой с целью определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям.
- 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.
- характеристикам средств измерений

# 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*,
- г) *инспекционная поверка*, ее проводят для подтверждения пригодности к применению средств измерений.
- д) *экспертная поверка*, производится при возникновении спорных вопросов по метрологическим