

## *Лекция 2.*

*Тема: «МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ТЕХНИЧЕСКИХ  
ИЗМЕРЕНИЙ»*



2.1	Основные метрологические термины и определения. Понятие измерения
2.2	Виды средств измерения (СИ)
2.3	Системы и единицы физических величин
2.4	Метрологические характеристики средств измерений. Градуировка и поверка средств измерений



## 2.1. Основные метрологические термины и определения. Понятие измерения

metron — мера и logos — учение

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

Разделы метрологии:

- Законодательная метрология
- Теоретическая метрология
- Практическая (прикладная) метрология

*Предметом метрологии является получение качественной или количественной информации о свойствах объектов окружающего мира путем измерения.*



## 2.1. Основные метрологические термины и определения. Понятие измерения

Объект измерения — это реальный объект (тело, вещество, поле, явление, процесс, организм), обладающий некоторой суммой свойств и находящийся в многосторонних и сложных связях с другими объектами.

Субъект измерения (человек, выполняющий измерение) принципиально не может охватить объект целиком, во всем многообразии его свойств и связей.

Принцип измерения — научно описанное явление (или эффект), положенное в основу метода измерения.



## 2.1. Основные метрологические термины и определения. Понятие измерения

Метод измерения — логическая последовательность операций, описанная в общем виде и применяемая для сравнения конкретного проявления свойства объекта со шкалой измерений этого свойства.

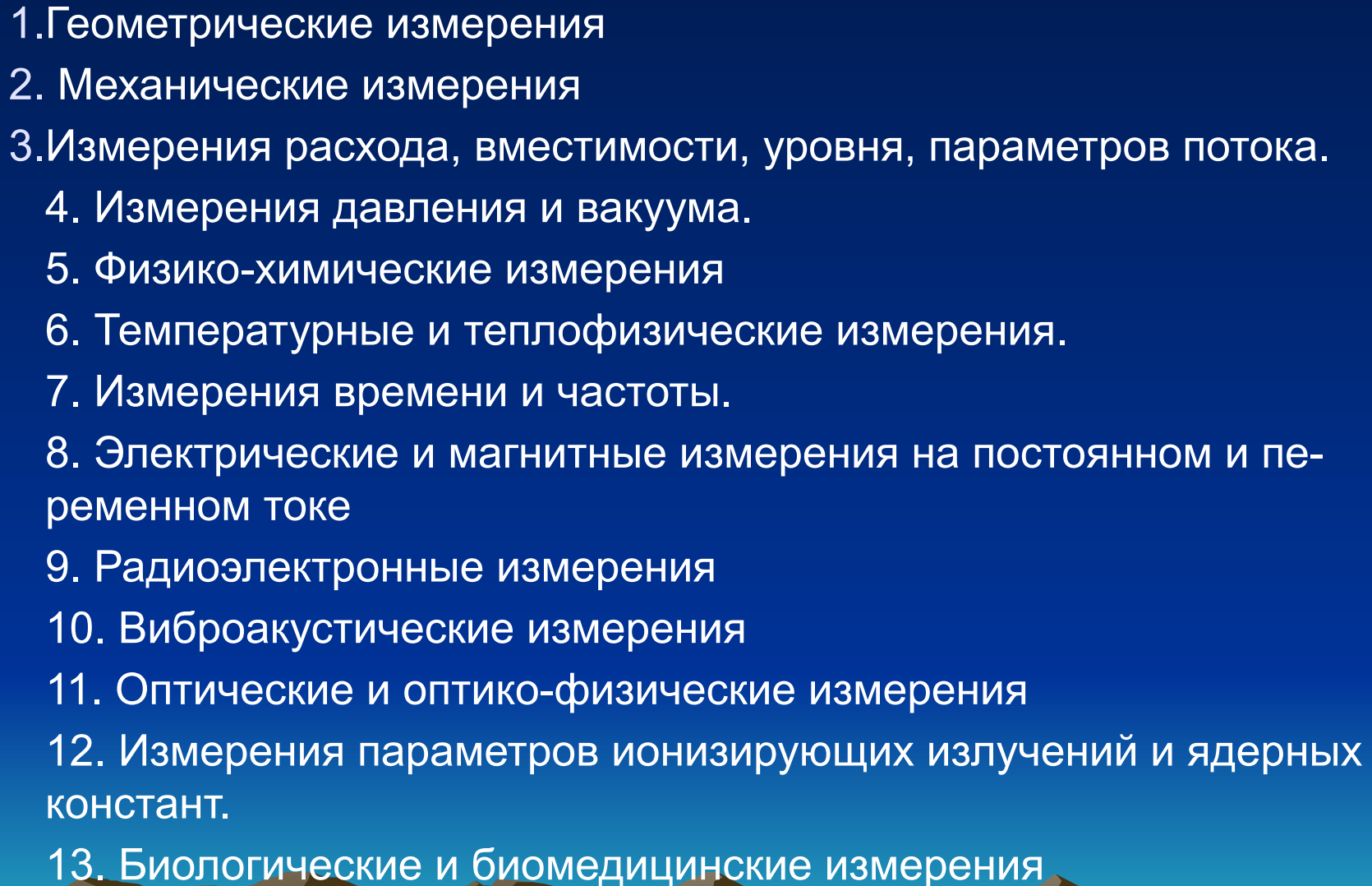
Условия измерения — совокупность влияющих величин, описывающих состояние окружающей среды и средства измерений.

Измерительный эксперимент — это отдельное, однократное измерение, которое часто называют наблюдением.



## 2.1. Основные метрологические термины и определения. Понятие измерения

Области и виды измерений:

1. Геометрические измерения
  2. Механические измерения
  3. Измерения расхода, вместимости, уровня, параметров потока.
  4. Измерения давления и вакуума.
  5. Физико-химические измерения
  6. Температурные и теплофизические измерения.
  7. Измерения времени и частоты.
  8. Электрические и магнитные измерения на постоянном и переменном токе
  9. Радиоэлектронные измерения
  10. Виброакустические измерения
  11. Оптические и оптико-физические измерения
  12. Измерения параметров ионизирующих излучений и ядерных констант.
  13. Биологические и биомедицинские измерения
- 

## 2.2. Виды средств измерения (СИ)

Средство измерений — 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.

### Классификация средств измерений

1. По метрологическому назначению:
  - образцовые СИ;
  - рабочие СИ.



## 2. По выполняемым функциям:

- измерительные преобразователи (аналоговые; аналогово-цифровые; цифро-аналоговые);
- метафизические величины (однозначная; многозначная; набор мер; магазин мер);
- стандартные образцы (стандартный образец свойства; стандартный образец состава);
- средства сравнения;
- измерительные приборы;
- измерительные устройства;
- измерительные цепи и др.





## 2.2. Виды средств измерения (СИ)

### 3. По уровню агрегатирования и автоматизации:

- автоматические СИ (измерительные автоматы, измерительные роботы);
- автоматизированные СИ;
- измерительные установки (поверочные; эталонные; измерительные машины);
- измерительные системы (информационные; контролирующие; управляющие, гибкие и др.);
- измерительно-вычислительные комплексы;



## 2.2. Виды средств измерения (СИ)

### 4. По уровню стандартизации:

- стандартизированные СИ;
- узаконенные СИ (государственные эталоны; рабочие СИ);
- нестандартизированные СИ;

### 5. По отношению к измеряемой величине:

- основные СИ;
- вспомогательные СИ.



## 2.3. Системы и единицы физических величин

PMG 29-99 ;

VIM-93.

**Размер физической величины** (размер величины) — количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу;

**Значение физической величины** — выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц;

**Числовое значение физической величины** — отвлеченное число, входящее в значение величины;

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

### 2.3. Системы и единицы физических величин

Система физических величин — совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимают за независимые, а другие определяют как функции независимых величин.

На базе системы физических величин создают систему единиц физических величин.

$$V = L/T. \quad (2.1)$$



### 2.3. Системы и единицы физических величин

Для создания системы физических величин следует:

- 1) выбрать область распространения системы и определить полный набор входящих в систему величин ( $m$  штук);
- 2) составить систему уравнений, включающую все независимые уравнения связи между величинами ( $n$  уравнений);
- 3) определить необходимое число основных величин системы ( $k$  штук);
- 4) определить (выбрать и назначить) конкретные основные величины системы, назначить их размерности;
- 5) определить размерности производных величин через размерности основных, решая независимые уравнения связи между величинами.

$$(k = m - n)$$

$$L M T I \Theta N J$$

$$\dim x = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\varepsilon \Theta^\zeta N^\nu J^\eta, \quad (2.2)$$

где показатели  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\varepsilon$ ,  $\zeta$  и  $\eta$  являются, как правило, небольшими целыми числами, которые могут быть положительными, отрицательными или равными нулю, они называются показателями размерностей.

### 2.3. Системы и единицы физических величин

Выражение в форме произведения символов размерностей, некоторые из которых возведены в степень, называют также **формулой размерности**.

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

#### **Схема построения системы единиц физических величин**

- Система единиц физических величин (физические формулы дольные и кратные множители, правила их применения);
- Основные единицы ( $k = m - n$ ) штук;
- Производные единицы;
- Система физических величин;
- Основные физические величины ( $k = m - n$ ) штук;
- Производные физические величины размерности  $[L, M, T, I, J, N, \dots]$  формула размерности  $[V] = k \cdot (L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\epsilon N^\zeta J^\eta)$ ;
- Физические величины ( $m$  штук);
- Уравнения связи между величинами ( $n$  уравнений).

## 2.3. Системы и единицы физических величин

Таблица 2.1 — Примеры размерностей производных физических величин в системе LMTIΘN

Физическая величина	Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение международное	Обозначение русское
Момент силы	$L^2 M T^{-2}$	ньютон-метр	N·m	Н·м
Электрическое сопротивление	$L^2 M T^{-3} I^{-2}$	ом	Ω	Ом
Теплопроводность	$L M T^{-3} \Theta^{-1}$	ватт на метр- кельвин	W/mK	Вт/(м/К)
Сила излучения	$L^2 M T^{-3}$	ватт на стерадиан	W/sr	Вт/ср

## 2.3. Системы и единицы физических величин

**Размерная физическая величина** — физическая величина, в размерности которой хотя бы одна из основных физических величин возведена в степень, не равную нулю (сила  $F$  в системе  $LMTI\Theta N J$  является размерной величиной:  $\dim F = LMT^{-2}$ ).

**Безразмерная физическая величина** — физическая величина, в размерность которой основные физические величины входят в степени, равной нулю.

Таблица 2.2 — Основные единицы Международной системы единиц (SI)

Физическая величина	Единица физической величины	Наименование	Обозначение	Определение	
Наименование	Размерность				
междунар.	русск.				
Длина	L	метр	m	м	Метр есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299792458$ секунды (XVII ГКМВ, 1983 г.)
Масса	M	килограмм	kg	кг	Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма (I ГКМВ, 1889 г. и III ГКМВ, 1901 г.)
Время	T	секунда	s	с	Секунда есть время, равное $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 (XIII ГКМВ, 1967 г.)



## 2.3. Системы и единицы физических величин

Международная система единиц имеет ряд *достоинств*:

- универсальность (обеспечивает ее применение во всех отраслях производства и областях науки);
- унификация единиц физических величин;
- унификация механизма образования дольных и кратных единиц;
- когерентность системы.

**Унификация** единиц физических величин, например давления, заключается в отказе от таких ранее использовавшихся единиц, как атмосфера физическая, атмосфера техническая, миллиметры водяного столба, миллиметры ртутного столба и др., образующих неоправданное разнообразие единиц.

**Когерентной** является система, в которой производные единицы получают из основных с коэффициентом в виде неименованной единицы. Например, единица скорости  $1 \text{ м/с}$  образована делением единицы длины  $1 \text{ м}$  на единицу времени  $1 \text{ с}$ ; единица давления  $1 \text{ Па}$  образована делением единицы силы  $1 \text{ Н}$  на единицу площади  $1 \text{ м}^2$ , которая в свою очередь образована произведением единиц длины  $1 \text{ м}$  на  $1 \text{ м}$ .



## 2.3. Системы и единицы физических величин

Таблица 2.3 — Множители и приставки для образования кратных и дольных единиц SI

Множитель	Приставка			
Наименование	Обозначение			
международное	русское	международное	русское	
$10^{24}$	yotta	йотта	Y	И
$10^{21}$	zetta	зетта	Z	З
$10^{18}$	exa	экса	E	Э
$10^{15}$	peta	пета	P	П
$10^{12}$	tera	тера	T	Т
$10^9$	giga	гига	G	Г
$10^6$	mega	мега	M	М
$10^3$	kilo	кило	k	к
$10^2$	hecto	гекто	h	г
$10^1$	deca	дека	da	да
$10^{-1}$	deci	деци	d	д
$10^{-2}$	centi	санتي	c	с
$10^{-3}$	milli	милли	m	м
$10^{-6}$	micro	микро	$\mu$	мк
$10^{-9}$	nano	нано	n	н
$10^{-12}$	pico	пико	p	п
$10^{-15}$	femto	фемто	f	ф
$10^{-18}$	atto	атто	a	а
$10^{-21}$	zepto	зепто	z	з
$10^{-24}$	yocto	йокто	y	и

## 2.4. Метрологические характеристики средств измерений.

### Градуировка и поверка средств измерений

**Метрологические характеристики средств измерений** — это характеристики свойств, оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений.

ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений»

Все метрологические свойства (характеристики) можно разделить на две группы:

- свойства, определяющие область применения СИ;
- свойства, определяющие качество измерения.

**Диапазон измерений** — область значений величины, в пределах которых нормированы допускаемые пределы погрешности.



## 2.4. Метрологические характеристики средств измерений. Градуировка и поверка средств измерений

**Порог чувствительности** — наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала.

**Класс точности СИ** — обобщенная характеристика, выражаемая пределами допускаемых погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

**Градуировкой** называется процесс нанесения отметок на шкалы средств измерений, а также определение значений измеряемой величины, соответствующих уже нанесенным отметкам для составления градуировочных кривых или таблиц.



## 2.4. Метрологические характеристики средств измерений.

### Градуировка и поверка средств измерений

Различают следующие *способы градуировки*.

- 1.Использование типовых шкал.
- 2.Индивидуальная градуировка шкал.
- 3.Градуировка условной шкалы.

***Калибровка (поверка) средств измерений*** — это комплекс действий и операций, определяющих и подтверждающих настоящие (действительные) значения метрологических характеристик и (или) пригодность средств измерений, не подвергающихся государственному метрологическому контролю.

Выделяют четыре метода поверки (калибровки) средств измерений:

- 1) метод непосредственного сравнения с эталоном;
- 2) метод сличения при помощи компьютера;
- 3) метод прямых измерений величины;
- 4) метод косвенных измерений величины.

## 2.4. Метрологические характеристики средств измерений.

### Градуировка и поверка средств измерений

**Поверочные схемы** — это нормативный документ, в котором утверждается соподчинение средств измерений, принимающих участие в процессе передачи размера единицы измерений физической величины от эталона к рабочим средствам измерений посредством определенных методов и с указанием погрешности.

**Государственные поверочные схемы** устанавливаются и действуют для всех средств измерений определенного вида, использующихся в пределах страны.

**Ведомственные поверочные схемы** устанавливаются и действуют на средства измерений данной физической величины, подлежащие ведомственной поверке.

**Локальные поверочные схемы** используются метрологическими службами министерств и действуют также и для средств измерений предприятий, им подчиненных.

## 2.4. Метрологические характеристики средств измерений. Градуировка и поверка средств измерений

На чертежах, представляющих поверочную схему, должны присутствовать:

- 1) наименования средств измерений;
- 2) наименования методов поверки;
- 3) номинальные значения физических величин;
- 4) диапазоны номинальных значений физических величин;
- 5) допустимые значения погрешностей средств измерений;
- 6) допустимые значения погрешностей методов поверки

