

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.

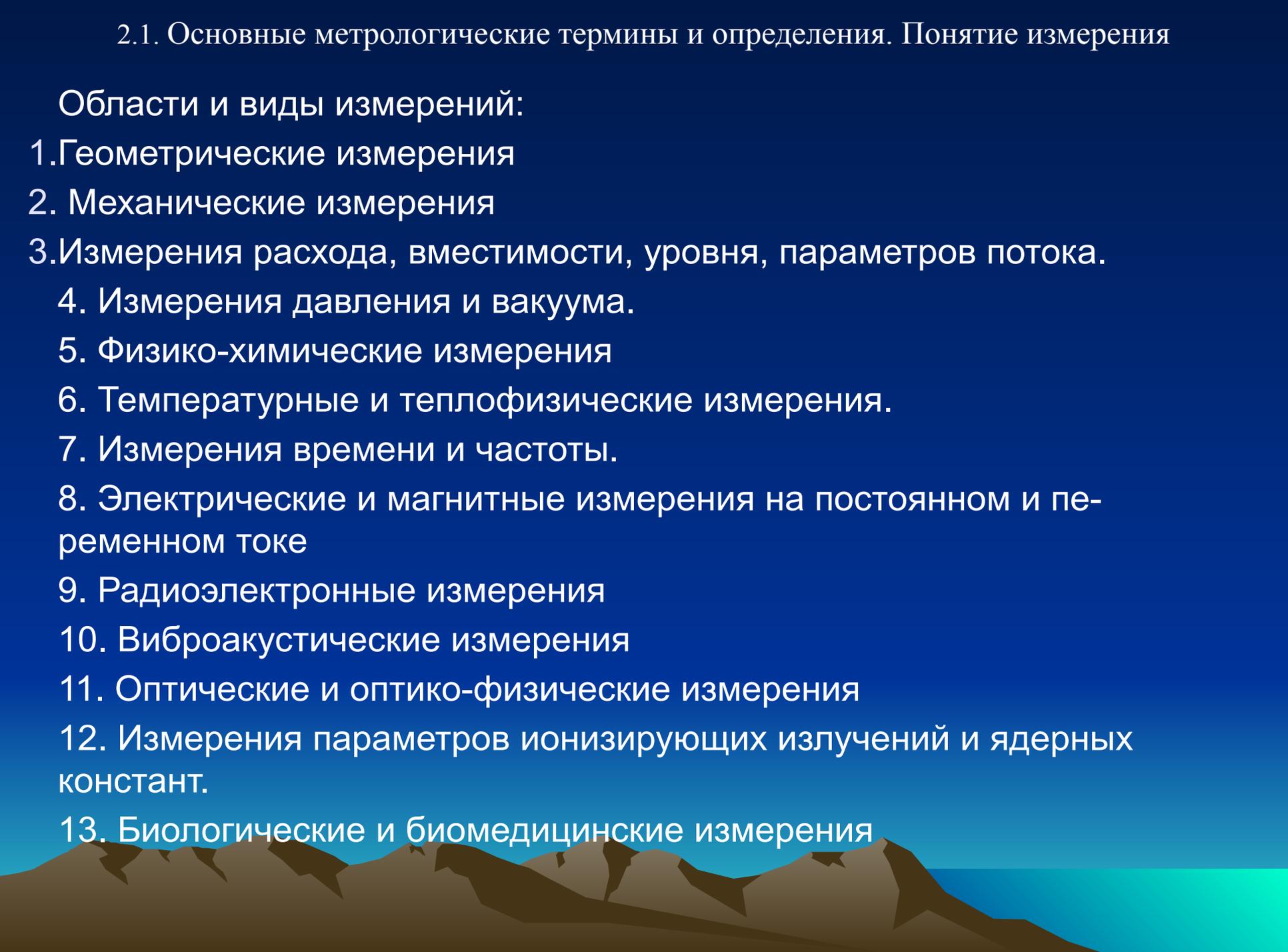
Условия измерения — совокупность влияющих величин, описывающих состояние окружающей среды и средства измерений.

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.



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 α , β , γ , ε , ζ и η 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 $[V] = k \cdot (L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\varepsilon N^\zeta J^\eta)$;
- 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				
международ.	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 м/с образована делением единицы длины 1 м на единицу времени 1 с ; единица давления 1 Па образована делением единицы силы 1 Н на единицу площади 1 м^2 , которая в свою очередь образована произведением единиц длины 1 м на 1 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	санти	c	с
10^{-3}	milli	милли	m	м
10^{-6}	micro	микро	μ	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

