

Тема 1.

Основы метрологии и измерительной техники

- 1.1. Основные задачи метрологии**
- 1.2. Виды физических величин, измерительные шкалы**
- 1.3. Системы единиц физических величин**
- 1.4. Классификация измерений**

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

Цели метрологии, как науки –

- обеспечение единства измерений;
- извлечение количественной информации о свойствах объекта, окружающем мире, о процессах с заданной точностью и достоверностью.

Цель и задачи освоения дисциплины «Методы и средства измерения»

- получение студентами основных знаний по метрологии, обработке результатов измерений и оценке погрешностей;
- изучение методов радиотехнических измерения параметров сигналов и цепей;
- знакомство с характеристиками и принципами действия основных технических средств радиоизмерений;
- формирование способности учитывать в профессиональной деятельности современных тенденций развития измерительной техники;
- получение навыков проведения измерений параметров сигналов и цепей современными измерительными приборами и обработки результатов измерений

Цель – сформировать умение выбирать методы и средства измерений, грамотно проводить измерения

Особенности техники радиоизмерений

- чрезвычайно широкий диапазон измеряемых величин;
- зависимость выбора метода и средства измерения (даже самой измеряемой величины) от частоты;
- широкое применение в измерительной технике источников электрических колебаний (измерительных генераторов) и средств наблюдения и регистрации колебаний (осциллографов, анализаторов спектра);
- необходимость в измерении большого количества параметров для одной радиотехнической системы (устройства) – следовательно характерно разнообразие измерений в одном эксперименте, необходимость комплексных измерений;
- Высокий уровень автоматизации, высокие требования к быстрдействию и точности средств измерений

**«Точная наука начинается с тех пор, как начинают измерять. Точная наука немыслима без меры»
Дмитрий Иванович Менделеев**

Измерение - совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины с помощью специальных технических средств

Единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы

Государственная система обеспечения единства измерений

ГОСТ Р 8.000-2015

обеспечение единства измерений: Деятельность, направленная на установление и применение научных, правовых, организационных и технических основ, правил, норм и средств, необходимых для достижения состояния измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин или в значениях по установленным шкалам измерений, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

Основные задачи:

- реализация функций национального органа по стандартизации;
- обеспечение единства измерений;
- осуществление государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов и обязательных требований стандартов

□ <https://www.rst.gov.ru/>

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева

- один из крупнейших центров научной и практической метрологии,
- головная организация по фундаментальным исследованиям в метрологии,
- главный центр государственных эталонов России.

□ <https://www.vniim.ru>



В Севастополе –

Испытательный центр "Омега"

Испытательный центр "Омега" - филиал ФГУП НИИ Радио – современное предприятие, обладающее уникальным многолетним опытом в области испытаний оборудования информационно-коммуникационных технологий, навигации, спутниковых и наземных систем связи и телерадиовещания.

<https://www.stcomega.ru/>

Техническое регулирование

- **Сертификация** – одна из форм подтверждения соответствия установленным требованиям, выполняемая независимым испытательным центром
- **Стандартизация** - деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

Метрология, стандартизация, сертификация являются главными инструментами обеспечения качества продукции, работ и услуг

Средство измерений - техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее или хранящее единицу физической величины

- **Измерительный прибор** - средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.
- **Измерительный преобразователь** – средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, преобразования, хранения, но не непосредственного восприятия наблюдателем.
- **Мера** – средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера (значения)

Обеспечение единства измерений

Калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений

Поверка средств измерений - совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) в целях подтверждения соответствия средства измерения установленным метрологическим требованиям.

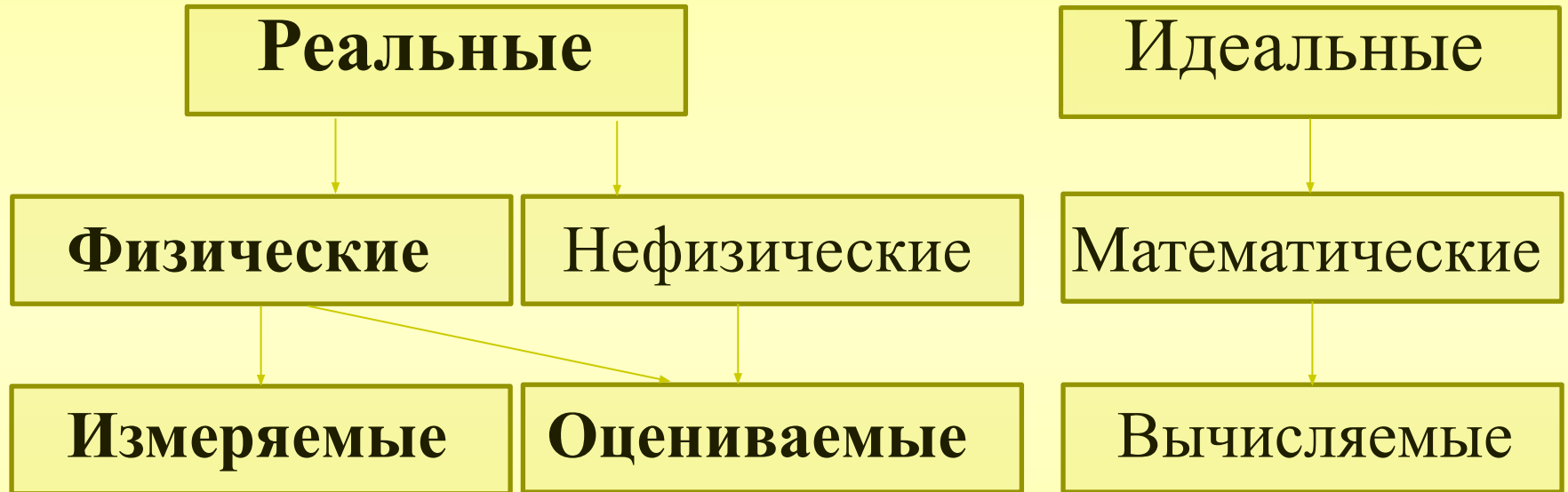
Физические величины (более 2000)

Физическая величина – это свойство многих объектов, общее в качественном отношении, но индивидуальное в количественном отношении

Единица величины - фиксированное значение величины, которое принято за единицу данной величины и применяется для количественного выражения однородных с ней величин

Эталон единицы величины - техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины.

Виды величин



Особенности проявления свойств физических различных объектов

- **отношение эквивалентности** – свойство величины может быть одинаковым и неодинаковым у различных объектов;
- **отношение порядка** – свойство величины может быть больше и меньше у различных объектов;
- **отношение аддитивности** – однородные свойства различных объектов могут суммироваться

Виды величин

1. Экстенсивные величины, для которых определены операции сложения и вычитания (длина, масса, сила электрического тока...)
2. Интенсивные величины, для которых определены отношения порядка и эквивалентности, операция сложения не имеет физического смысла, но их разница – экстенсивная величина (время, электрический потенциал – шкала не имеет естественного нуля)
3. Интенсивные величины, для которых единицу измерения ввести не удастся, но они оцениваются с помощью технических устройств (интенсивность землетрясения, сила ветра)
4. Если свойства физических объектов проявляются только в отношении эквивалентности – термин «размер» не применяют (атлас цветов в оптических измерениях), эти свойства не характеризуются величиной

Шкала физической величины – упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая основой измерений данной величины

- **Шкала наименований** – шкала классификаций, нет понятий «единица измерения» и «нуль» (атлас цветов, экспертные оценки запахов)
- **Шкала порядка** – шкала рангов – для оценивания величин третьей группы, измерительное преобразование подобрать можно, но единицы измерения ввести нельзя, еще нет установленной связи между измеряемыми величинами и выбранной величиной (твердость по шкалам Мооса, Бринеля);
- **Шкала интервалов** – шкала разностей, для измерения величин второй группы (летоисчисление, температура по Цельсию и по Фаренгейту)
- **Шкала отношений** – для измерения величин первой группы, имеют не только единицу измерения, но и естественный ноль шкалы (масса, длина)
- **Абсолютная шкала** – для физических величин, для которых тоже справедливы отношения эквивалентности, порядка и аддитивности, но имеют безразмерную единицу измерения (коэффициент усиления, ослабления)

Значения измеряемой величины

- **Истинное значения измеряемой величины** – значение физической величины, которое идеальным образом отражает в количественном и качественном отношении свойство объекта
(! недостижимо – главная проблема метрологии)
- **Действительное значения измеряемой величины** – значение физической величины, определенное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него
- **Измеренное значение** – отсчитанное по отсчетному устройству средства измерения

Точность измерения и Погрешность измерения

- **Точность измерения** - качество измерения, отражающее близость результата измерения к истинному значению измеряемой величины
- **Погрешность измерения** – мера близости измеренного значения к истинному

Чем выше точность , тем меньше погрешность

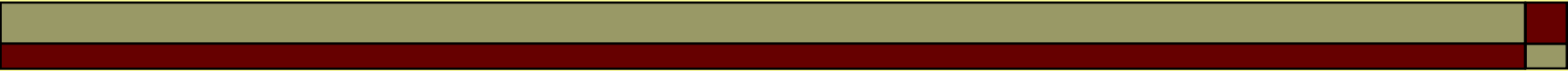
Класс точности средств измерений - обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на их точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений.

Международная система единиц

Международная система единиц принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ)

Международное сокращенное наименование — SI (в русской транскрипции — СИ)

(фр. *Le Système International d'Unités, SI*)



ГОСТ 8.417-2002

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**Государственная система обеспечения
единства измерений**

ЕДИНИЦЫ ВЕЛИЧИН

State system for ensuring the uniformity of
measurements.

Units of quantities

СИ определяет семь основных единиц физических величин и производные единицы

Основные единицы:

килограмм, метр, секунда, ампер, кельвин,
моль и кандела.

В рамках СИ считается, что эти единицы имеют независимую размерность, то есть ни одна из основных единиц не может быть получена из других.

Производные единицы получаются из основных с помощью алгебраических действий, таких как умножение и деление. Некоторым из производных единиц в СИ присвоены собственные наименования.

Основные единицы

Величина		Единица			
Наименование	Символ размерности	Наименование		Обозначение	
		русское	французско е/английско е	русское	Между народное
Длина	L	метр	Mètre/metre	м	m
Масса	M	килограмм	Kilogramme /kilogram	кг	kg
Время	T	секунда	Seconde /second	с	s
Сила электрического тока	I	ампер	Ampère /ampere	A	A
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	kelvin	K	K
Количество вещества	N	моль	mole	моль	mol
Сила света	J	кандела	candela	кд	cd

Производные единицы, имеющие специальные наименования и обозначения

Величина	Единица		Обозначение		Выражение через основные единицы
	русское наименование	французское/английское наименование	русское	международное	
Плоский угол	радиан	radian	рад	rad	$\text{м} \cdot \text{м}^{-1} = 1$
Телесный угол	стерадиан	steradian	ср	sr	$\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2} = 1$
Температура Цельсия	градус Цельсия	degré Celsius/degree Celsius	°C	°C	К
Частота	герц	hertz	Гц	Hz	с^{-1}
Сила	ньютон	newton	Н	N	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
Энергия	джоуль	joule	Дж	J	$\text{Н} \cdot \text{м} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность	ватт	watt	Вт	W	$\text{Дж}/\text{с} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$
Давление	паскаль	pascal	Па	Pa	$\text{Н}/\text{м}^2 = \text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Световой поток	люмен	lumen	лм	lm	кд · ср
Освещённость	люкс	lux	лк	lx	$\text{лм}/\text{м}^2 = \text{кд} \cdot \text{ср}/\text{м}^2$
Электрический заряд	кулон	coulomb	Кл	C	$\text{А} \cdot \text{с}$
Разность потенциалов	вольт	volt	В	V	$\text{Дж}/\text{Кл} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Сопротивление	ом	ohm	Ом	Ω	$\text{В}/\text{А} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
<u>Електроёмкость</u>	фарад	farad	Ф	F	$\text{Кл}/\text{В} = \text{с}^4 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$
Магнитный поток	вебер	weber	Вб	Wb	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Магнитная индукция	тесла	tesla	Тл	T	$\text{Вб}/\text{м}^2 = \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Индуктивность	генри	henry	Гн	H	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
Электрическая проводимость	сименс	siemens	См	S	$\text{Ом}^{-1} = \text{с}^3 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$

Десятичные приставки

Десятичный множитель	Приставка		Обозначение		Пример
	русская	международная	русское	международное	
10^1	<u>дека</u>	deca	да	da	дал — <u>декалитр</u>
10^2	<u>гекто</u>	hecto	г	h	гПа — <u>гектопаскаль</u>
10^3	<u>кило</u>	kilo	к	k	кН — <u>килоньютон</u>
10^6	<u>мега</u>	mega	М	M	МПа — <u>мегапаскаль</u>
10^9	<u>гига</u>	giga	Г	G	ГГц — <u>гигагерц</u>
10^{12}	<u>тера</u>	tera	Т	T	ТВ — <u>теравольт</u>
10^{15}	<u>пета</u>	peta	П	P	Пфлопс — <u>петафлопс</u>
10^{18}	<u>экса</u>	exa	Э	E	Эм — <u>эксаметр</u>
10^{21}	<u>зетта</u>	zetta	З	Z	ЗэВ — <u>зеттаэлектронвольт</u>
10^{24}	<u>иотта</u>	yotta	И	Y	Иг — <u>иоттаграмм</u>

Двоичные приставки

Приставка	Аналогичная десятичная приставка	Сокращения по МЭК для битов, байтов	Значение, на которое умножается исходная величина
киби	кило (10^3)	Кибит, КиБ	$2^{10} = 1024$
меби	мега (10^6)	Мибит, МиБ	$2^{20} = 1\,048\,576$
гиби	гига (10^9)	Гибит, ГиБ	$2^{30} = 1\,073\,741\,824$
теби	тера (10^{12})	Тибит, ТиБ	$2^{40} = 1\,099\,511\,627\,776$
пеби	пета (10^{15})	Пибит, ПиБ	$2^{50} = 1\,125\,899\,906\,842\,624$
эксби	экса (10^{18})	Эибит, ЭиБ	$2^{60} = 1\,152\,921\,504\,606\,846\,976$
зеби	зетта (10^{21})	Зибит, ЗиБ	$2^{70} = 1\,180\,591\,620\,717\,411\,303\,424$
йоби	йотта (10^{24})	Йибит, ЙиБ	$2^{80} = 1\,208\,925\,819\,614\,629\,174\,706\,176$

Двоичные приставки используются для образования единиц измерения информации, кратных битам и байта.

Приставки были введены Международной электротехнической комиссией (МЭК) в 1999

обозначение 1 **К**байт = 1024 байт (в отличие от 1 **к**байт = 1000 байт)

Приставка	Обозначение	Двоичные приставки	Десятичные приставки	Относит. ошибка, %
кило	к, К	$2^{10} = 1024$	$10^3 = 1000$	2,40
мега	М, М	$2^{20} = 1\,048\,576$	$10^6 = 1\,000\,000$	4,86
гига	Г, G	$2^{30} = 1\,073\,741\,824$	$10^9 = 1\,000\,000\,000$	7,37
тера	Т, T	$2^{40} = 1\,099\,511\,627\,776$	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$	9,95
пета	П, P	$2^{50} = 1\,125\,899\,906\,842\,624$	$10^{15} = 1\,000\,000\,000\,000\,000$	12,59
экса	Э, E	$2^{60} = 1\,152\,921\,504\,606\,846\,976$	$10^{18} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000$	15,29
зетта	З, Z	$2^{70} = 1\,180\,591\,620\,717\,411\,303\,424$	$10^{21} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$	18,06
йотта	Й, Y	$2^{80} = 1\,208\,925\,819\,614\,629\,174\,706\,176$	$10^{24} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$	20,89

Обычно, размер оперативной памяти компьютера обычно приводится в двоичных единицах (1 килобайт = 1024 байтам), а размер дисков производители указывают в десятичных (1 килобайт = 1000 байтам)

Принципы и методы измерения

- **Принцип измерений** – физическое явление или совокупность физических явлений, положенные в основу измерения

- **Метод измерения** – совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с выбранным принципом.
Метод определяет устройство средства измерения

Классификация измерений

1) По способу получения информации:

- прямые
- косвенные
- совместные
- совокупные

Классификация измерений

Прямые - это измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных – по шкале средства измерений.

Косвенные - это измерения, при которых искомую величину определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, получаемыми в результате прямых измерений.

Классификация измерений

Совместные - это производимые одновременно измерения двух или нескольких **неодноименных** величин для нахождения зависимостей между ними.

Совокупные - это производимые одновременно измерения нескольких **одноименных** величин, при которых решают систему уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.

Классификация измерений

2) По характеру изменения измеряемой величины

- ▣ *статические*, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени;
- ▣ *динамические*, в процессе которых измеряемая величина изменяется и является непостоянной во времени;
- ▣ *статистические* - определение характеристик случайных сигналов, шумов

Классификация измерений

3) по условиям, определяющим точность результата, измерения делятся на три класса:

- *Измерения максимальной возможной точности*, достижимой при существующем уровне техники.
- *Контрольно-поверочные измерения*, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторого заданного значения.
- *Технические измерения*, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений.

Классификация измерений

4) По способу выражения результатов измерений различают абсолютные и относительные измерения.

- ▣ *Абсолютными* называются измерения, которые основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или на использовании значений физических констант.
- ▣ *Относительными* называются измерения отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

Классификация измерений

5) По способу применения меры

- ▣ *Метод непосредственной оценки*
- ▣ *Методы сравнения:*
 - ▣ *нулевой метод измерений*
 - ▣ *дифференциальный метод измерения*
 - ▣ *метод замещения*

6) По числу выполненных наблюдений (снятых показаний)

- ▣ *Однократные измерения*
- ▣ *Многократные измерения*

Классификация измерений

7) По условию проведения и особенностям обработки

- *Равноточные*
- *Неравноточные*

Постулаты теории измерений

1. В рамках принятой модели объекта исследований существует определенная измеряемая физическая величина и ее истинное значение.
2. Истинное значение измеряемой величины постоянно в рамках принятой модели
3. Существует несоответствие измеряемой величины исследуемому свойству объекта. Истинное значение физической величины отыскать невозможно.

Обычно это и не нужно –
важно в результате каждого измерения
правильно оценить границы возможной погрешности.