

Метрология, стандартизация и сертификация

Доцент кафедры АТП

Кандидат технических наук

Кравченко Евгений Владимирович

ЧАСТЬ 1

МЕТРОЛОГИЯ

- Основная литература

Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие
/ Е.В. Кравченко, Ю.К. Кривогузова, И.П. Озерова
Страницы 6-58

МЕТРОЛОГИЯ

Содержание раздела

- 1.1 Основные понятия
- 1.2. Виды и методы измерений
- 1.3. Погрешности измерений
- 1.4. Статистическая обработка экспериментальных данных
- 1.5. Средства измерений
 - 1.5.1 Метрологические характеристики средств измерений
 - 1.5.3 Электрические измерения и приборы
- 1.6. Метрологическое обеспечение

МЕТРОЛОГИЯ

Основные понятия

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

Метрология включает в себя три раздела:

1. теоретическая метрология;
2. законодательная метрология;
3. прикладная (практическая) метрология.

МЕТРОЛОГИЯ

Основные понятия

1. Основные физические величины
2. Производные единицы системы
3. Внесистемные единицы
 - допускаемые наравне с единицами СИ;
 - допускаемые к применению в специальных областях;
 - временно допускаемые;
 - устаревшие (недопускаемые).

МЕТРОЛОГИЯ

Основные понятия

Величина	Наименование	Обозначение (международное/русское)	Единица	
			Обозначение	Определение
1	2	3	4	
Длина	Метр	m/m	Метр есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299792458$ s [XVII ГКВМ (1983 г.), резолюция 1]	
Масса	Килограмм	kg/kg	Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма [I ГКВМ (1889 г.) и III ГКВМ (1901 г.)]	
Время	Секунда	s/c	Секунда есть время, равное $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 [XIII ГКВМ (1967 г.), резолюция 1]	
Сила электрического тока	Ампер	A/A	Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 m один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 m силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ N [МКМВ (1946 г.), резолюция 2, одобренная IX ГКВМ (1948 г.)]	
Термодинамическая температура	Кельвин	K/K	Кельвин есть единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды [XIII ГКМВ (1967 г.), Резолюция 4]	
Количество вещества	Моль	mol/моль	Моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой $0,012$ kg. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц [XIV ГКМВ (1971 г.), Резолюция 3]	
Сила света	Кандела	cd/кд	Кандела есть сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Hz, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ W/sr [XVI ГКМВ (1979 г.), Резолюция 3]	

МЕТРОЛОГИЯ

Основные понятия

Эталон – это техническое средство, обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы с целью передачи информации о ее размере средствами измерений, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке в качестве эталона.

- Первичные;
- Специальные.

МЕТРОЛОГИЯ

Основные понятия

Шкала физической величины

Размер физической величины

Значение физической величины:

- Истинное;
- Действительное.

Вспомогательная физическая величина

Средство измерений

МЕТРОЛОГИЯ

Виды и методы измерений

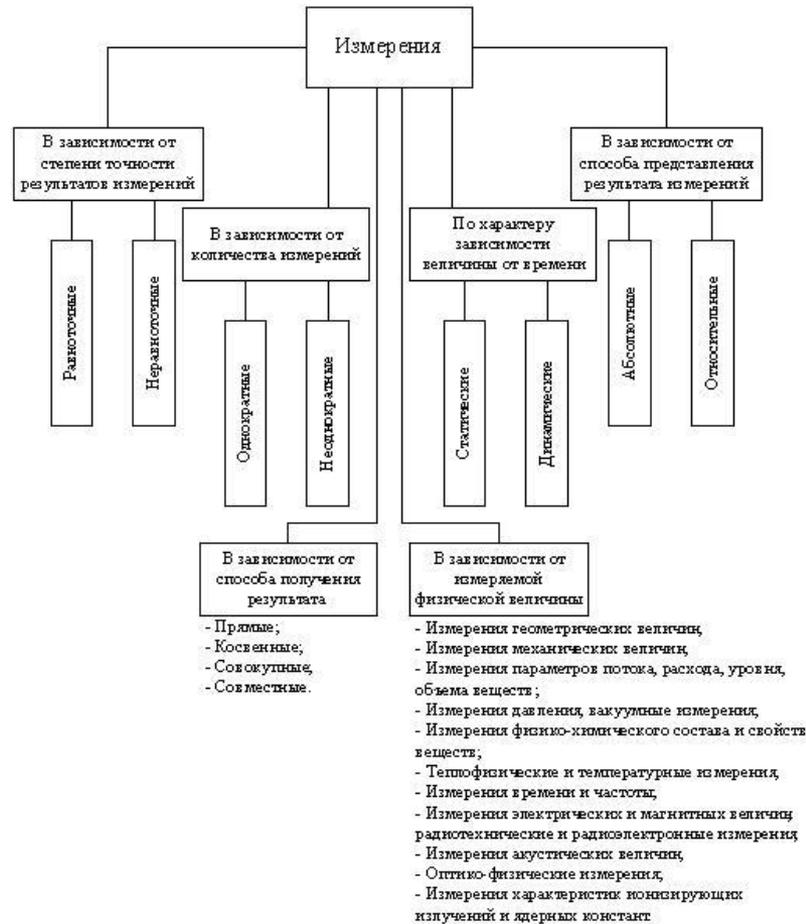
измерение – это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Основные характеристики измерений:

- принцип измерения,
- метод измерения,
- погрешность, точность,
- достоверность измерений.

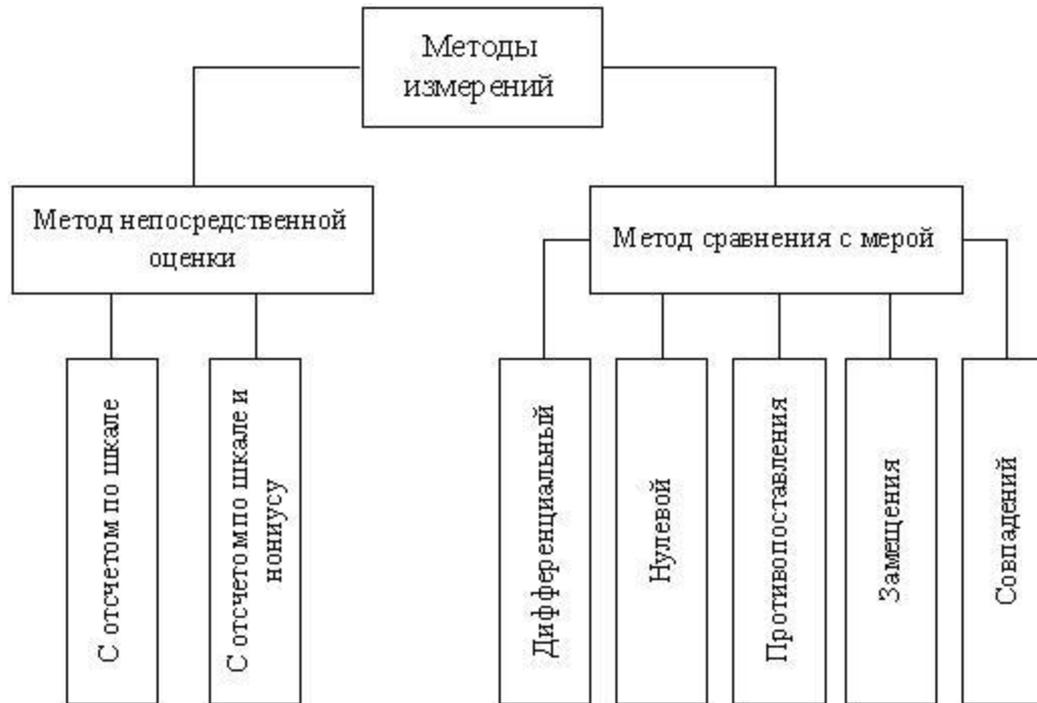
МЕТРОЛОГИЯ

Виды и методы измерений



МЕТРОЛОГИЯ

Виды и методы измерений



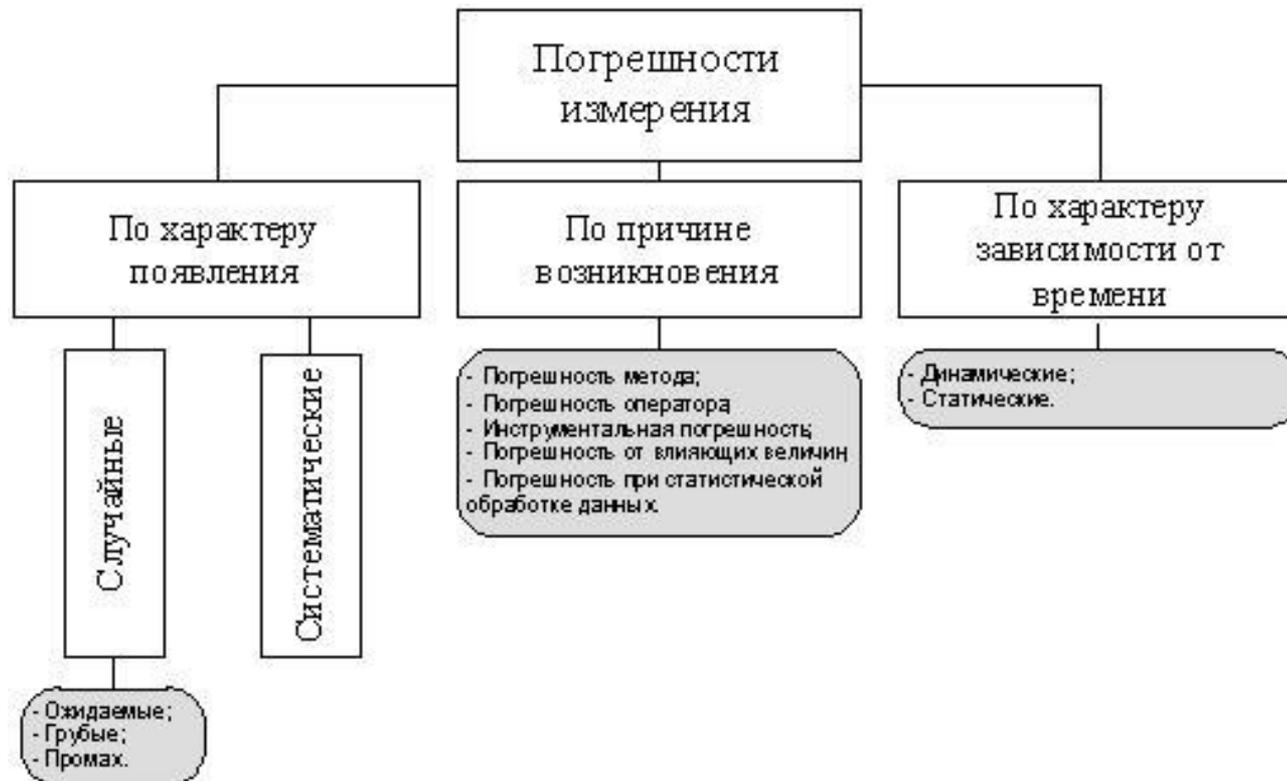
МЕТРОЛОГИЯ

Погрешности измерений

Погрешность измерения – это отклонение результата измерения от действительного значения измеряемой величины

МЕТРОЛОГИЯ

Виды и методы измерений



МЕТРОЛОГИЯ

Виды и методы измерений



МЕТРОЛОГИЯ

Погрешности измерений

Абсолютная погрешность представляет собой разность измеренного и действительного значений измеряемой величины:

$$\Delta = X_{\text{п}} - X_{\text{д}},$$

$X_{\text{п}}$ -измеренное значение физической величины,

$X_{\text{д}}$ - действительное значение физической величины.

Абсолютная погрешность измеряется в единицах измерения измеряемой физической величины.

МЕТРОЛОГИЯ

Погрешности измерений

относительная погрешность выражается
в относительных единицах или
процентах.

$$\delta = \frac{X_{\Pi} - X_{Д}}{X_{\Pi}} \cdot 100 \% = \frac{\Delta}{X_{\Pi}} \cdot 100 \%$$

МЕТРОЛОГИЯ

Погрешности измерений

Приведенная относительная погрешность

$$\gamma = \frac{X_{П} - X_{Д}}{X_{В} - X_{Н}} \cdot 100 \% = \frac{\Delta}{X_{В} - X_{Н}} \cdot 100 \%,$$

МЕТРОЛОГИЯ

Погрешности измерений

В зависимости от изменения значения измеряемой величины погрешности разделяют:

- аддитивную,
- мультипликативную,
- гистерезисную

МЕТРОЛОГИЯ

Статистическая обработка

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Функции распределения случайной величины:

- нормальная,
- треугольная,
- трапециевидная,
- равномерная,
- антимодальная,
- Релея.

МЕТРОЛОГИЯ

Статистическая обработка

экспериментальных данных

Математическое ожидание

$$M(a_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

Дисперсия

$$D(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (a_i - M(a_i))^2$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_a = \sqrt{D(a_i)}.$$

МЕТРОЛОГИЯ

Статистическая обработка

экспериментальных данных

Исключение систематической погрешности

- Закон распределения Стьюдента

Определение грубых погрешностей

- Правило трех сигм
- Метод доверительных интервалов

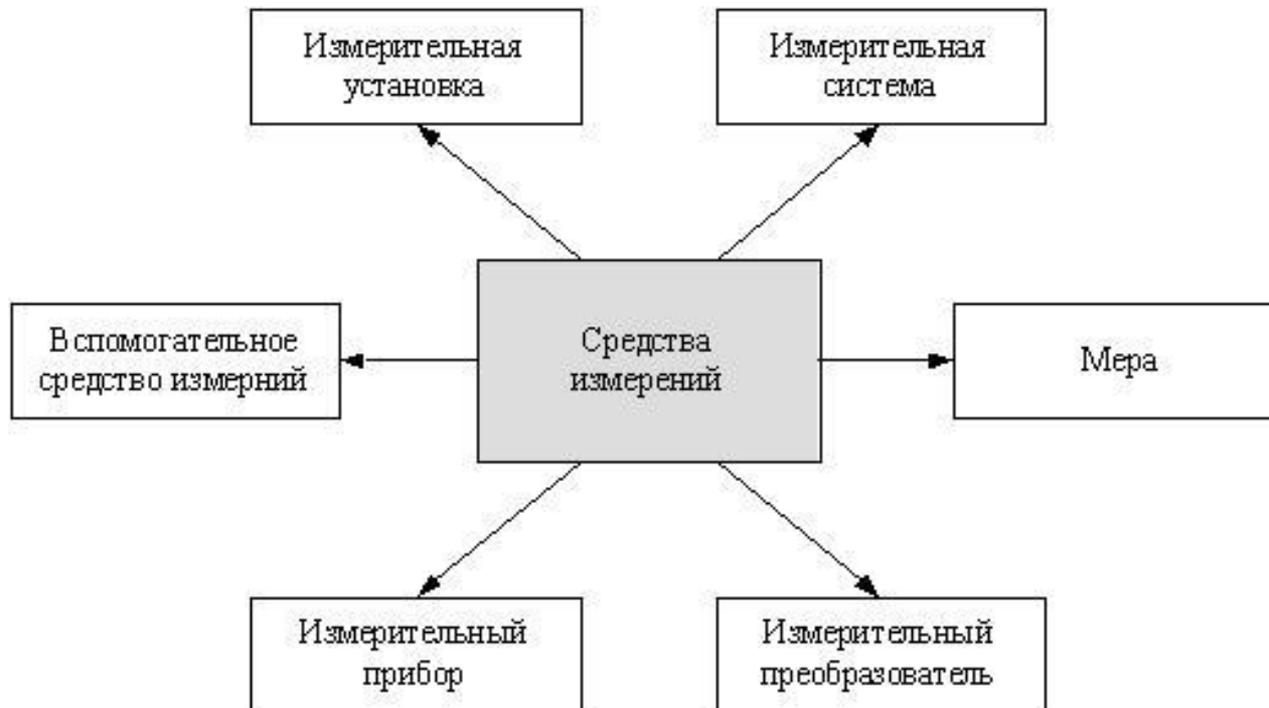
МЕТРОЛОГИЯ

Средства измерений

Средство измерений – техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики

МЕТРОЛОГИЯ

Средства измерений



МЕТРОЛОГИЯ

Средства измерений

По принципу действия измерительные устройства разделяют на механические, электромеханические, электронные и т.д.

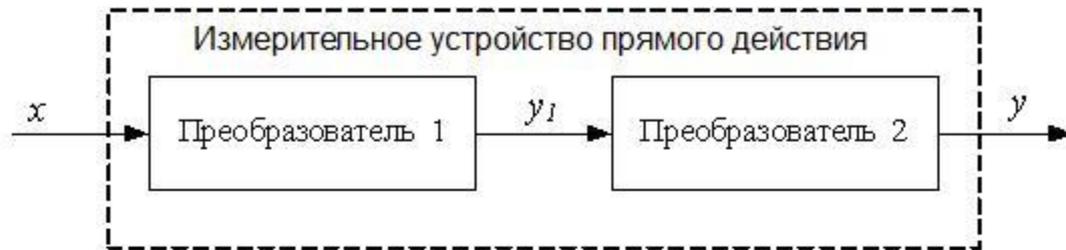
По виду измеряемой величины или измерительного сигнала: аналоговые и цифровые.

Различают автоматические и автоматизированные средства измерений .

По положению в измерительной системе различают первичный и промежуточный измерительные преобразователи .

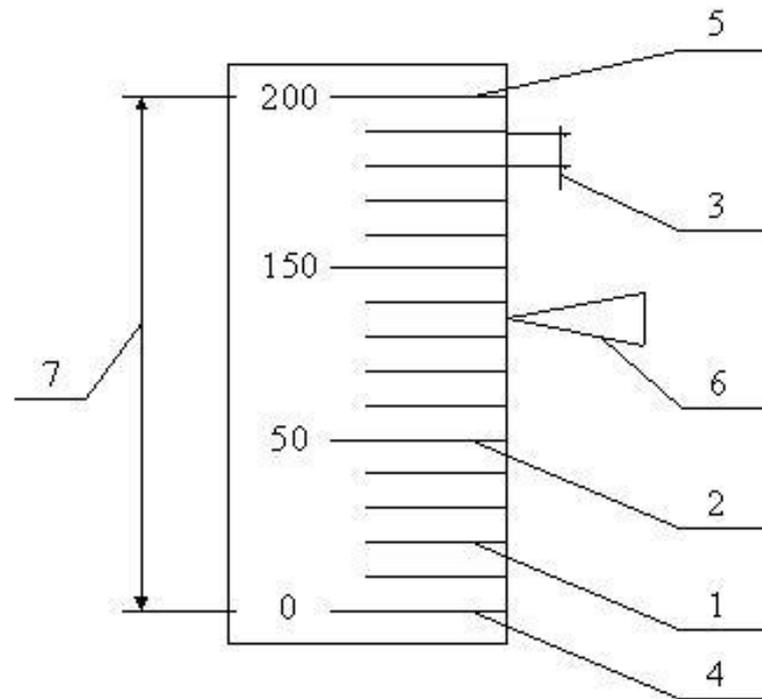
МЕТРОЛОГИЯ

Средства измерений



МЕТРОЛОГИЯ

Средства измерений



Шкала измерительного устройства:

1 – отметка шкалы, 2 – числовая отметка шкалы, 3 – деление шкалы, 4 – начальное значение шкалы, 5 – конечное значение шкалы, 6 – указатель средства измерения, 7 – диапазон показаний средства измерения

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологические характеристики средств

измерений

Метрологической характеристикой средства измерения называется характеристика, влияющая на результат и на погрешность.

- нормируемые метрологические характеристики,
- действительные метрологические характеристики.

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологические характеристики средств

измерений

Перечень основных нормируемых метрологических характеристик:

- пределы измерений, предел шкалы;
- цена деления шкалы аналогового прибора или минимальная цена деления в случае неравномерной шкалы;
- выходной код, число разрядов кода, номинальная цена единицы наименьшего разряда для цифровых средств измерений;

МЕТРОЛОГИЯ

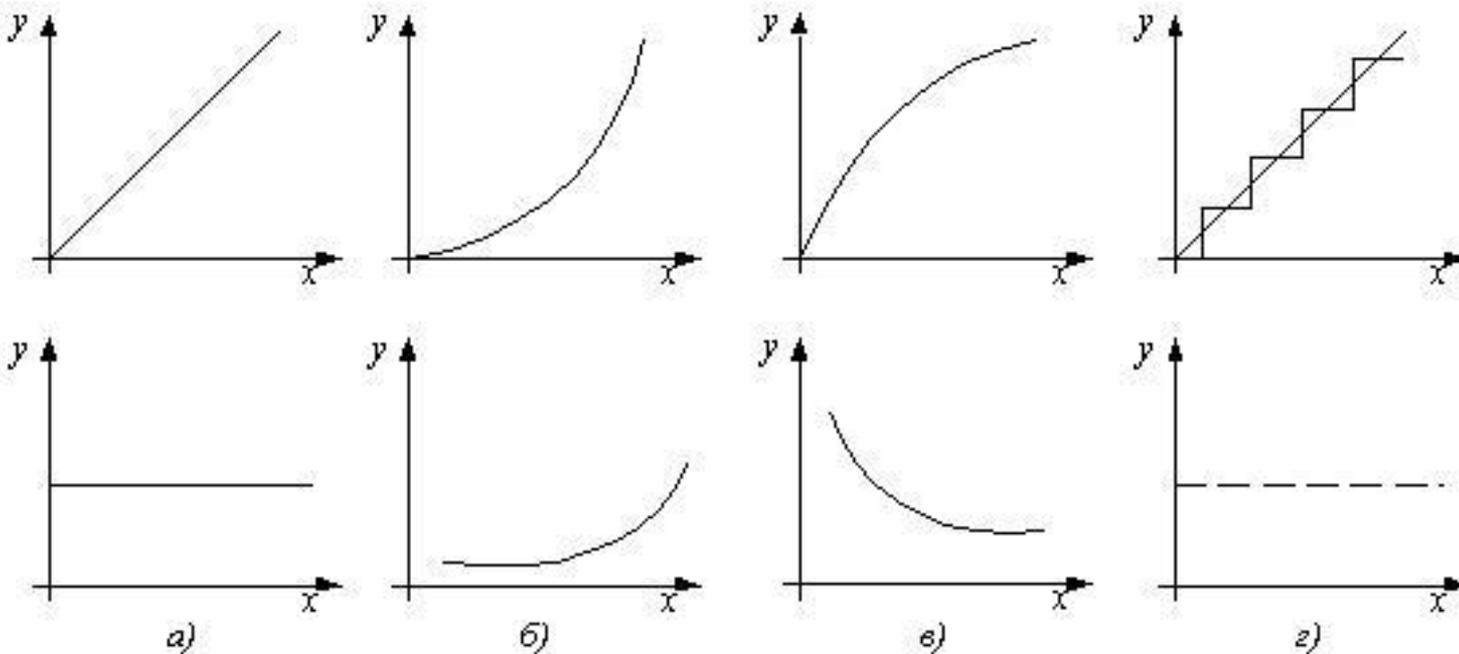
Метрологические характеристики средств измерений

- номинальная статическая характеристика преобразования измерительного преобразователя;
- погрешность средства измерения;
- вариация показаний прибора или выходного сигнала преобразователя;
- динамические характеристики средства измерения;
- наибольшие допустимые изменения метрологических характеристик средств измерения в рабочих условиях применения.

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологические характеристики средств

номинальная статическая характеристика измерений



МЕТРОЛОГИЯ

Метрологические характеристики средств

Динамические характеристики средств измерений
измерений

импульсная характеристика, являющаяся реакцией системы на дельта-функцию

переходная характеристика – реакция системы на единичный ступенчатый сигнал

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологические характеристики средств

Класс точности - обобщенная характеристика данного типа средств измерений, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Пределом допускаемой погрешности средства измерений называется наибольшее значение погрешности средства измерений, устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно еще признается годным к применению.

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологические характеристики средств

Форма выражения погрешности	Предел допускаемой погрешности	Обозначение класса точности
Приведенная - Нормирующее значение выражено в единицах измеряемой величины - Нормирующее значение принято равным длине шкалы	1,5 % $\pm 1,5 \%$	1,5 1,5 ✓
Относительная - Постоянная - Возрастает с уменьшением измеряемой величины	$\pm 1,5 \%$ $\pm \left[c \pm d \cdot \left(\left \frac{x_s}{x} \right - 1 \right) \right]$	(1,5) c/d

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологические характеристики средств

Класс точности - обобщенная характеристика данного типа средств измерений, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Пределом допускаемой погрешности средства измерений называется наибольшее значение погрешности средства измерений, устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно еще признается годным к применению.

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологические характеристики средств
измерений

Процедура подтверждения соответствия
метрологических характеристик
средств измерений

- **Поверка СИ**
- **Калибровка СИ**

МЕТРОЛОГИЯ

Электрические измерения и

приборы
Задачей электрических измерений является
нахождение значений физических
величин опытным путем с помощью
специальных электротехнических
средств и выражение этих значений в
принятых единицах

МЕТРОЛОГИЯ

Электрические измерения и

Электроизмерительные приборы

классифицируют по ряду признаков:

по точности (технические средства измерения, эталоны),

по назначению:

- амперметры,
- вольтметры,
- ваттметры,
- омметры и другие.

МЕТРОЛОГИЯ

Электрические измерения и

Определение момента (М)
приборы
электромеханических СИ

$$M = F(x, \alpha)$$

По способу создания вращающего
момента:

- » магнитоэлектрические,
- » электромагнитные,
- » электродинамические,
- » электростатические,
- » индукционные

МЕТРОЛОГИЯ

Электрические измерения и

Масштабные измерительные
приборы
преобразователи:

- шунты,
- делители напряжения,
- измерительные трансформаторы тока и напряжения,
- измерительные усилители.

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологическое обеспечение

Метрологическое обеспечение -

деятельность, направленная на
установление и применение научных и
организационных основ, технических
средств, правил и норм, необходимых
для достижения требуемых единства и
точности измерений

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологическое обеспечение

Допускается применение терминов

«метрологическое обеспечение

измерений», «метрологическое

обеспечение производства»,

«метрологическое обеспечение системы

качества»

МЕТРОЛОГИЯ

Метрологическое обеспечение

Нормативные документы:

- [ГОСТ Р МЭК 60990-2010](#) МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА ПРИКОСНОВЕНИЯ И ТОКА ЗАЩИТНОГО ПРОВОДНИКА
- [ГОСТ 23625-2001](#) ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ