
Лекция 2

Основные понятия, связанные со
средствами измерений (СИ)

Содержание:

1. Виды измерений.
 2. Методы измерений.
 3. Условия измерений.
 4. Методика выполнения измерений
 5. Определение и классификация средств измерений;
 6. Метрологические характеристики средств измерений.
 7. Классы точности средств измерений.
 8. Критерии качества измерений.
-

Связи основных элементов метрологии



Условия измерений

Нормальные условия измерений

– условия измерения, характеризуемые совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости.

Номинальные значения влияющих величин

Влияющая величина	Номинальное значение влияющей величины
1. Температура для всех видов измерений	20 °С (293 К)
2. Давление воздуха для линейных, угловых измерений, измерений массы, силы света, измерений в спектроскопии и других областях, кроме указанных в п.2	101, 3 кПа (760 мм рт.ст)
3. Относительная влажность воздуха для линейных, угловых измерений, измерений массы, измерений в спектроскопии	58 %
4. Относительная влажность воздуха для измерения электрического сопротивления	55 %
5. Плотность воздуха	1,2 кг/м ³
6. Ускорение свободного падения	9,8 м/с ²
7. Магнитная индукция (напряженность магнитного поля) и напряженность электростатического поля для измерений параметров движения, магнитных и электрических величин	0
8. Магнитная индукция (напряженность магнитного поля) и напряженность электростатического поля для всех видов измерений, кроме указанных в п.10	Соответствует характеристикам поля Земли в данном географическом районе

Нормальное значение влияющей величины – значение влияющей величины, установленное в качестве номинального.

Рабочие условия измерений

– условия измерений, при которых значения влияющих величин находятся в пределах рабочих областей.

Рабочее пространство – часть пространства (окружающего средство измерений и объект измерений), в котором нормальная область значений влияющих величин находится в установленных пределах.

Предельные условия измерений

– условия измерений, характеризуемые экстремальными значениями измеряемой и влияющих величин, которые средство измерений может выдержать без разрушений и ухудшения его метрологических характеристик.

*Методика выполнения
измерений*

Методика выполнения измерений

– установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом.

Определение и классификация средств измерений

Средство измерений (СИ)

– 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

Признак классификации	Средства измерений
I. По типу	
II. По виду	
III. По метрологическому назначению	1. метрологические средства измерений (эталон); 2. рабочие средства измерений.
IV. По конструктивному исполнению	1. меры; 2. измерительные приборы; 3. измерительный преобразователь; 4. измерительные установки; 5. измерительная машина; 6. измерительные комплексы; 7. измерительные системы.
V. По уровню автоматизация	1. неавтоматизированные; 2. автоматизированные; 3. автоматические.

VI. По уровню стандартизации	<ol style="list-style-type: none">1. стандартизованные;2. нестандартизованные.
VII. По отношению к измеряемой физической величине	<ol style="list-style-type: none">1. основные;2. вспомогательные.
VIII. По степени универсальности	<ol style="list-style-type: none">1. универсальные,2. специальные.
IX. По связи с объектом	<ol style="list-style-type: none">1. контактные;2. бесконтактные;3. внешние;4. встроенные.
X. По режиму работы	<ol style="list-style-type: none">1. статические;2. динамические.

*1. **Тип** — это совокупность средств измерений, имеющих принципиальную одинаковую схему, конструкцию и изготавливаемых по одним и тем же техническим условиям.*

II. **Вид** — это совокупность типов средств измерений, предназначенных для измерений какой-либо одной физической величины.

III. По метрологическому назначению:

Метрологические средства измерений (эталон)

Эталон единицы физической величины – средство измерений (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

Неизменность эталона — свойство эталона удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного периода времени, а все изменения, зависящие от внешних условий (температура, влажность, давление и т. п.), должны быть строго определенными функциями величин, доступных точному измерению.

Воспроизводимость эталона – возможность воспроизведения единицы физической величины с наименьшей погрешностью для данного уровня развития измерительной техники.

Сличаемость эталона — возможность обеспечения сличения с эталоном других средств измерений, нижестоящих по поверочной схеме, с наивысшей точностью для данного уровня развития техники измерений.

Виды эталонов:

1. первичный;

- ❖ Международный первичные эталон;
- ❖ Национальный (государственный) первичный;

2. вторичный;

- ❖ Эталон сравнения;
- ❖ Эталон-копия;
- ❖ Эталон свидетель;

3. Исходный эталон;

4. Рабочий эталон;

- ❖ рабочий эталон 1-го разряда;
- ❖ рабочий эталон 2-го разряда;
- ❖ рабочий эталон 3-го разряда;
- ❖ рабочий эталон 4-го разряда

Первичный эталон – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей точностью.

Международный эталон – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Национальный (государственный) эталон – первичный эталон, признанный официальным решением в качестве исходного для страны (государства).

Вторичный эталон – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.

- *Эталон сравнения* — это вторичный эталон, который применяется для сличений эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.
 - *Эталон-копия* — это вторичный эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим эталонам.
 - *Эталон свидетель* — вторичный эталон, предназначенный для проверки сохранности и неизменности государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты. В настоящее время только эталон килограмма имеет эталон-свидетель.
-

Исходный эталон – эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами (в данной лаборатории, организации, на предприятии), от которого передают размер единицы подчиненным эталонам и имеющимся средствам измерений.

Рабочий эталон – эталон,
предназначенный для передачи размера
единицы рабочим средствам измерений.

Одиночный эталон – эталон, в составе которого имеется одно средство измерений (мера, измерительный прибор, эталонная установка) для воспроизведения и (или) хранения единицы.

Групповой эталон – эталон, в состав которого входит совокупность средств измерений одного типа, номинального значения или диапазона измерений, применяемых совместно для повышения точности воспроизведения единицы или ее хранения.

Эталонная база страны –
совокупность государственных первичных
и вторичных эталонов, являющаяся
основой обеспечения единства
измерений в стране.

Рабочее средство измерений – средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений.

1. лабораторные (для научных исследований),
 2. производственные (для обеспечения и контроля заданных характеристик технологических процессов),
 3. полевые (для самолетов, автомобилей, судов и т.п.).
-

IV. По конструктивному исполнению:

Мера физической величины – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

однозначная мера - мера, воспроизводящая физическую величину одного размера (например, гиря 1 кг);

многозначная мера - мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров (например, штриховая мера длины);

набор мер - комплект мер разного размера одной и той же физической величины, предназначенных для применения на практике как в отдельности, так и в различных сочетаниях (например, набор концевых мер длины);

магазин мер - набор мер, конструктивно объединенных в единое устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях (например, магазин электрических сопротивлений).

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

Классификация измерительных приборов:

1. По способу индикации значений измеряемой величины измерительные приборы разделяют на *показывающие* и *регистрирующие, самопишущие* и *печатающие приборы*..

2. По методу преобразования измеряемой величины: *приборы прямого, компенсационного (уравновешивающего) и смешанного преобразования*.

3. По форме преобразования измерительных сигналов: *Аналоговые* и *цифровые приборы*.

4. По принципу действия: *приборы прямого действия, приборы сравнения, интегрирующие* и *суммирующие*.

5. По назначению: *амперметры, вольтметры, омметры* и т.д.

Измерительный преобразователь (ИП) – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Классификация измерительных преобразователей:

1. По местоположению в измерительной цепи различают: первичные и промежуточные преобразователи.
 2. По характеру преобразования: аналоговые, цифро-аналоговые (ЦАП), аналого-цифровые (АЦП) преобразователи.
 3. Масштабные и передающие преобразователи.
-

Измерительная установка – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте.

Измерительная машина (ИМ) – измерительная установка крупных размеров, предназначенная для точных измерений физических величин, характеризующих изделие.

Измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) – функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной системы конкретной измерительной задачи.

Измерительная система (ИС) – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

V. По уровню автоматизация:

Автоматизированное средство измерений – средство измерений, производящее в автоматическом режиме одну или часть измерительных операций.

Автоматическое средство измерений – средство измерений, производящее без непосредственного участия человека измерения и все операции, связанные с обработкой результатов измерений, их регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала.

VI. По уровню стандартизации:

Стандартизованное средство измерений – средство измерений, изготовленное и применяемое в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта.

Нестандартизованное средство измерений – средство измерений, стандартизация требований к которому признана нецелесообразной.

VII. *По отношению к измеряемой физической величине:*

Основное средство измерений – средство измерений той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей

Вспомогательное средство измерений – средство измерений той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности.

VIII. *По степени универсальности:*

Универсальные СИ используются в условиях единичного и массового производства. Предназначены для измерений длин, углов и т.д. в определенном диапазоне размеров изделий с разнообразной конфигурацией.

Специальные СИ - средство измерений, предназначенное для измерений специальных элементов у деталей определенной формы.

Например:

- *измерение формы и расположения поверхностей;*
 - *измерения параметров шероховатости поверхности;*
 - *измерения параметров резьбы;*
 - *измерения параметров углов и конусов;*
 - *измерений параметров зубчатых колес.*
-

Метрологическая характеристика средств измерений

Метрологическая характеристика средств измерений — характеристика одного из свойств измерений, влияющих на результат измерений или его погрешность.

1. *Нормируемые метрологические характеристики* — это метрологические характеристики, установленные нормативно-техническими документами.

2. *Действительные метрологические характеристики* — это характеристики средств измерений, полученные экспериментально.

Нормируемые метрологические характеристики типа средства измерений (НМХ)

- совокупность метрологических характеристик данного типа средств измерений, устанавливаемая нормативными документами на средства измерений.

Номенклатура метрологических характеристик средств измерений

1. Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (без введения поправки).
 2. Характеристики погрешностей средств измерений.
 3. Характеристики чувствительности средств измерений к влияющим величинам .
 4. Динамические характеристики средств измерений.
 5. Характеристики средств измерений, отражающие их способность влиять на инструментальную составляющую погрешности измерений вследствие взаимодействия средств измерений с любым из подключенных к их входу или выходу компонентов (таких как объект измерений, средство измерений и т. п.).
 6. Неинформативные параметры выходного сигнала средства измерений.
-

Классы точности средств измерений

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

Основная погрешность СИ

определяется в нормальных условиях их применения.

Дополнительная погрешность СИ – это составляющая погрешности СИ, дополнительно возникающая из-за отклонений какой-либо влияющей величины (температуры и др.) от ее нормального значения.

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

Пределы допускаемых значений основной и дополнительных погрешностей можно выражать в форме:

- абсолютных погрешностей,
 - относительных погрешностей,
 - приведенных погрешностей.
-

Абсолютная погрешность

- - погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины

Определяется по формуле:

$$\Delta = X_{изм} - X_{д} ,$$

$X_{изм}$ – результат измерения;

$X_{д}$ – действительное значение измеряемой физической величины.

Относительная погрешность

- погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности к действительному значению.

Относительную погрешность δ находят из выражения:

$$\delta = (\Delta / X_{\delta}) \cdot 100\% = ((X_{\text{изм}} - X_{\delta}) / X_{\delta}) \cdot 100\%.$$

Приведенная погрешность

- относительная погрешность, в которой абсолютная погрешность средства измерений отнесена к условно принятому нормирующему значению X_N :

$$\gamma = (\Delta / X_N) \cdot 100\% = ((X_{\text{изм}} - X_{\text{д}}) / X_N) \cdot 100\%$$

Обозначения классов точности

Обозначаться:

1. *прописными буквами латинского алфавита (например, M, C)*
2. *римскими цифрами (I, II, III и т.д.) с добавлением условных знаков, смысл которых раскрывается в нормативно-технической документации.*

Наносят на:

- циферблаты,
- щитки,
- корпуса средств измерений,
- приводятся в нормативно-технической документации.

Обозначение классов точности средств измерений

Форма выражения погрешности	Формулы для определения пределов допускаемой погрешности	Примеры пределов допускаемой основной погрешности	Обозначение класса точности	
			на средствах измерения	в нормативной документации
Абсолютная погрешность	$\Delta = \pm a;$ $\Delta = \pm(a + bx)$	$\Delta = \pm 0,2a$	N III	Класс точности N или класс точности III
Относительная погрешность	$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} 100\% = \pm q$	$\delta = \pm 0,5\%$	⊙ 0,5	⊙ 0,5
	$\delta = \pm \left[c + d \left(\left \frac{x_0}{x} \right - 1 \right) \right], \%$	$\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left \frac{x_0}{x} \right - 1 \right) \right], \%$	0,02/0,01	Класс точности 0,02/0,01
	$\delta(x) = \frac{x_{\min}}{x} + \delta_3 + \frac{x}{x_k}$	$\delta(x) = \left[\frac{0,02}{x} + \frac{0,5}{100} + \frac{x}{10^6} \right] \cdot 100\%$	C II	Класс точности C или класс точности II
Приведенная погрешность	$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\% = \pm a \cdot 10^n$	$x_N = x_k \quad \gamma = \pm 1,5\%$	1,5	Класс точности 1,5
		x_N — длина шкалы или ее части; $\gamma = \pm 0,5\%$	∇ 0,5	Класс точности ∇ 0,5

Результаты измерений физических величин

Результат измерения физической величины – значение величины, полученное путем ее измерения.

Неисправленный результат измерения – значение величины, полученное при измерении до введения в него поправок, учитывающих систематические погрешности.

Исправленный результат измерения – полученное при измерении значение величины и уточненное путем введения в него необходимых поправок на действие систематических погрешностей
