

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 19.09.2024 09:47:20  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

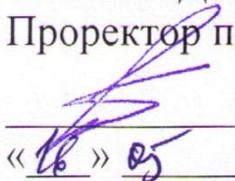
## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и индустрии моды

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

  
« 16 » 05



### КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И НОРМИРУЕМЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Методические указания по выполнению лабораторно-практической  
и самостоятельной работы

Курск 2023

УДК 006.9

Составители: С.В. Ходыревская

Рецензент

Доктор технических наук, доцент *В.В. Куц*

**Классификация средств измерений и нормируемые метрологические характеристики:** методические указания по выполнению лабораторно-практической и самостоятельной работы / Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Ходыревская. – Курск, 2023. – 16 с.:– Библиогр.: с. 16.

Содержат сведения о классификационных признаках и нормируемых метрологических характеристиках средств измерений. Рассмотрены виды средств измерения, погрешности и классы точности средств измерений. Приведены задания для самостоятельного выполнения, вопросы для самопроверки и подготовки, а также тест для самоконтроля.

Методические указания предназначены для бакалавров и специалистов всех направлений подготовки и специальностей и для всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,84.

Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

### **1 Цель работы:**

– ознакомиться с технической документацией на средства измерения и определить по ней основные классификационные признаки и нормируемые метрологические характеристики применяемых средств измерений;

– приобрести практические навыки определения основных классификационных признаков, применяемых средств измерений и их нормируемых метрологических характеристик непосредственно по средствам измерений.

### **2 Оборудование и материалы:**

Лабораторный комплекс «Метрология длин»/1,00

Микрометр наружный 0-25 мм ФГТ/1,00

Микрометр МК 100-1/1,00

Микрометр «Эксперт» гладкий механический МК 125 Зубр /1,00

Микрометр «Эксперт» гладкий механический МК 75 Зубр /1,00

Штангенциркуль металлический нержавеющей 150мм/2,00

Штангенциркуль с глубиномером 250мм/1,00

Штангенциркуль металлический тип 1, класс точности 2, 125мм/2,00

Штангенциркуль металлический 150мм/0,1мм/2,00

Прибор для измерения твердости ТК-14-250(6000)/1,00

Оптиметр вертикальный ИКВ-6 1977г. выпуска (23400)/1,00

Прибор для измерения твердости ТК-14-250(6000)/1,00

Ультразвуковой толщиномер А1209/1,00

Портативный динамический твердомер МЕТ-1Д/1,00

Многофункциональный портативный измеритель шероховатости со свидетельством о поверке/1,00

Длинномер оптический КЗТЗ ПО-20/1,00

Техническая документация (руководство по эксплуатации, техническое описание с инструкцией по эксплуатации, паспорт) на указанные средства измерения.

### **3 Задание для самостоятельного выполнения**

Определить классификационные признаки для находящихся на рабочем месте средств измерений (СИ).

Ознакомиться с технической документацией на СИ (руководство по эксплуатации, техническое описание с инструкцией по эксплуатации или паспорт) и определить

нормированные метрологические характеристики СИ непосредственно по средствам измерений и по технической документации на них.

#### **4 Краткие теоретические сведения**

В соответствии с РМГ 29-2013 [1] **средство измерений** – это 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.

Средства измерений (СИ), используемые в различных областях науки и техники, чрезвычайно разнообразны. Однако для этого множества можно выделить некоторые общие признаки, присущие всем СИ независимо от области применения. Эти признаки положены в основу различных классификаций СИ, некоторые из них приведены далее.

##### **4.1 Классификация средств измерений**

###### *По техническому назначению:*

**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;

Различают следующие разновидности мер:

□ однозначная мера – мера, воспроизводящая физическую величину одного размера (например, гиря 1 кг, конденсатор постоянной емкости);

□ многозначная мера – мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров (например, штриховая мера длины, конденсатор переменной емкости);

□ 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. Измерительный прибор, как правило, содержит устройство для преобразования измеряемой величины в сигнал измерительной информации и его индикации в форме, наиболее доступной для восприятия. Во многих случаях устройство для индикации имеет шкалу со стрелкой или другим устройством, диаграмму с пером или цифровое табло, благодаря которым может быть произведен отсчет или регистрация значений физической величины.

В зависимости от вида выходной величины различают **аналоговые и цифровые измерительные приборы**.

□ **аналоговый измерительный прибор** – это измерительный прибор, показания (или выходной сигнал) которого являются непрерывной функцией измеряемой величины (например, стрелочный вольтметр, стеклянный ртутный термометр).

□ **цифровой измерительный прибор** – это измерительный прибор, показания которого представлены в цифровой форме.

В цифровом приборе происходит преобразование входного аналогового сигнала измерительной информации в цифровой код, и результат измерения отражается на цифровом табло.

По форме представления выходной величины (по способу индикации значений измеряемой величины) измерительные приборы разделяют на **показывающие и регистрирующие измерительные приборы**.

□ **показывающий измерительный прибор** – измерительный прибор, допускающий только отсчитывание показаний значений измеряемой величины (микрометр, аналоговый или цифровой вольтметр).

□ **регистрирующий измерительный прибор** – измерительный прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний. Регистрация значений измеряемой величины может осуществляться в аналоговой или цифровой форме, в виде диаграммы, путем печатания на бумажной или магнитной ленте (термограф или, например, измерительный прибор, сопряженный с

компьютером, дисплеем и устройством для печатания показаний).

По действию измерительные приборы разделяют на интегрирующие и суммирующие. Различают также приборы прямого действия и приборы сравнения

**Измерительный преобразователь** – 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. Полученные в результате преобразования величина или измерительный сигнал, не доступны для непосредственного восприятия наблюдателем, они определяются через коэффициент преобразования.

Измерительный преобразователь или входит в состав какого-либо измерительного прибора (измерительной установки, измерительной системы), или же применяется вместе с каким-либо средством измерений.

По характеру преобразования различают аналоговые, цифроаналоговые, аналого-цифровые преобразователи. По месту в измерительной цепи различают первичные и промежуточные преобразователи.

Выделяют также масштабные и передающие преобразователи.

Примеры: термомпара в термоэлектрическом термометре, измерительный трансформатор тока, электропневматический преобразователь.

**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.

Измерительную установку, применяемую для поверки, называют поверочной установкой. Измерительную установку, входящую в состав эталона, называют эталонной установкой. Некоторые большие измерительные установки называют измерительными машинами, предназначенными для точных измерений физических величин, характеризующих изделие.

Примеры: установка для измерений удельного сопротивления

электротехнических материалов, установка для испытаний магнитных материалов.

**Измерительная система** – 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.

В зависимости от назначения измерительные системы разделяют на измерительные информационные, измерительные контролирующие, измерительные управляющие системы и др.

Измерительную систему, перестраиваемую в зависимости от изменения измерительной задачи, называют гибкой измерительной системой (ГИС).

Примеры: измерительная система теплоэлектростанции, позволяющая получать измерительную информацию о ряде физических величин в разных энергоблоках. Она может содержать сотни измерительных каналов; радионавигационная система для определения местоположения различных объектов, состоящая из ряда измерительно-вычислительных комплексов, разнесенных в пространстве на значительное расстояние друг от друга.

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

**Компаратор** – средство сравнения, предназначенное для сличения мер однородных величин (рычажные весы, компаратор для сличения нормальных элементов).

*По метрологическому назначению* все СИ подразделяются на эталоны, рабочие эталоны и рабочие СИ.

**Эталон** единицы физической величины (эталон) – 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.

Конструкция эталона, его свойства и способ воспроизведения единицы определяются природой данной физической величины и уровнем развития измерительной техники в данной области измерений.

Эталон должен обладать, по крайней мере, тремя тесно связанными друг с другом существенными признаками – неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.

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

При необходимости рабочие эталоны подразделяют на разряды (1-й, 2-й, ...,  $n$ -й). В этом случае передачу размера единицы осуществляют через цепочку соподчиненных по разрядам рабочих эталонов. При этом от последнего рабочего эталона в этой цепочке размер единицы передают рабочему средству измерений.

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

*По значимости измеряемой физической величины* все СИ подразделяются на основные и вспомогательные средства измерений.

**Основные средства измерений** – СИ той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей.

**Вспомогательные средства измерений** – СИ той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности (термометр для измерения температуры газа в процессе измерений объемного расхода этого газа).

Классификация СИ *по техническому назначению* является основной и представлена на рисунке 1.

## **4.2 Метрологическая характеристика средства измерений**

*Метрологическая характеристика средства измерений* (МХ СИ) – характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений и на его погрешность.

Для каждого типа средств измерений устанавливают свои метрологические характеристики. Метрологические

характеристики, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называют **нормируемыми метрологическими характеристиками**, а определяемые экспериментально – **действительными метрологическими характеристиками**.



Рисунок 1 – Классификация средств измерения по техническому назначению

Номенклатура метрологических характеристик и способы их нормирования установлены ГОСТ 8.009 [2].

Все метрологические характеристики СИ можно разделить на две группы:

- характеристики, влияющие на результат измерений (определяющие область применения СИ);
- характеристики, влияющие на точность (качество) измерения.

К основным метрологическим характеристикам, влияющим на результат измерений, относятся:

- диапазон измерений измерительных приборов;
- значение однозначной или многозначной меры;

- функция преобразования измерительного преобразователя;
- цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
- вид выходного кода, число разрядов кода, цена единицы наименьшего разряда кода средств измерений, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде.

**Диапазон измерений средства измерений** (диапазон измерений) – область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений (для преобразователей – это диапазон преобразования).

Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу и сверху (слева и справа), называют соответственно нижним пределом измерений или верхним пределом измерений. Для мер – пределы воспроизведения величин.

Однозначные меры имеют номинальное и действительное значение воспроизводимой величины.

Номинальное значение меры – значение величины, приписанное мере или партии мер при изготовлении.

Пример: резисторы с номинальным значением 1 Ом, гиря с номинальным значением 1 кг. Нередко номинальное значение указывают на мере.

**Действительное значение меры** – значение величины, приписанное мере на основании ее калибровки или поверки.

Пример: в состав государственного эталона единицы массы входит платиноиридиевая гиря с номинальным значением массы 1 кг, тогда как действительное значение ее массы составляет 1,000000087 кг, полученное в результате сличений с международным эталоном килограмма, хранящимся в Международном Бюро Мер и Весов (МБМВ) (в данном случае это калибровка).

**Диапазон показаний средства измерений** (диапазон показаний) – область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.

**Диапазон измерений средства измерений** (диапазон измерений) – область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений.

Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу и сверху (слева и справа), называют соответственно нижним пределом измерений или верхним пределом измерений.

**Цена деления шкалы** (цена деления) – разность значения величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений.

К метрологическим характеристикам, определяющим точность измерения, относится *погрешность средства измерений* и *класс точности СИ*.

Погрешности СИ могут быть классифицированы по ряду признаков, в частности:

- по отношению к условиям измерения – основные, дополнительные;
- по способу выражения (по способу нормирования МХ) – абсолютные, относительные, приведенные.

**Основная погрешность средства измерений** (основная погрешность) – погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях.

Как правило, нормальными условиями эксплуатации являются:

- температура  $(293 \pm 5)$  К или  $(20 \pm 5)$  °С;
- относительная влажность воздуха  $(65 \pm 15)$  % при 20 °С;
- напряжение в сети  $220 \text{ В} \pm 10$  % с частотой  $50 \text{ Гц} \pm 1$  %;
- атмосферное давление от 97,4 до 104 кПа.

**Дополнительная погрешность средства измерений** (дополнительная погрешность) – составляющая погрешности средства измерения, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений.

При нормировании характеристик погрешностей средств измерений устанавливают пределы допускаемых погрешностей (положительный и отрицательный).

Пределы допускаемых основной и дополнительной погрешностей выражаются в форме абсолютных, приведенных или относительных погрешностей в зависимости от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности можно выражать в форме, отличной от формы выражения пределов допускаемой основной погрешности.

**Абсолютная погрешность средства измерений** (абсолютная погрешность) – погрешность средства измерений  $\Delta x$ , выраженная в единицах измеряемой физической величины.

**Приведенная погрешность средства измерения** (приведенная погрешность) – относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины (нормирующему значению), постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона.

Нормирующее значение  $x_N$  принимается равным:

конечному значению рабочей части шкалы ( $x_k$ ), если нулевая отметка находится на краю или вне рабочей части шкалы (равномерной или степенной);

сумме конечных значений шкалы (без учета знака), если нулевая отметка – внутри шкалы;

модулю разности пределов измерений для СИ, шкала которых имеет условный нуль;

длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений, если она существенно неравномерна. В этом случае абсолютную погрешность, как и длину шкалы, надо выражать в миллиметрах.

**Относительная погрешность средства измерений** (относительная погрешность) – погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к результату измерений или к действительному значению измеренной физической величины.

Характеристики, введенные ГОСТ 8.009, наиболее полно описывают метрологические свойства СИ. Однако в настоящее время в эксплуатации находится достаточно большое количество СИ, метрологические характеристики которых нормированы несколько по-другому, а именно на основе классов точности.

**Класс точности средств измерений** (класс точности) – обобщенная характеристика данного типа средств измерения, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами

допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность измерений этого класса. Это важно при выборе средств измерений в зависимости от заданной точности измерений.

Обозначение классов точности СИ присваивают в соответствии с ГОСТ 8.401 [3].

Обозначение класса точности наносят на циферблаты, щитки и корпуса СИ, приводят в нормативной документации на СИ.

Номенклатура нормируемых метрологических характеристик СИ определяется назначением, условиями эксплуатации и многими другими факторами. Нормы на основные метрологические характеристики приводятся в стандартах, в технических условиях (ТУ) и эксплуатационной документации на СИ.

## 5 Порядок выполнения работы

1. Определить классификационные признаки, указанные в таблице 1, для находящихся на рабочем месте средств измерений.

2. Ознакомиться с технической документацией на СИ (руководство по эксплуатации, техническое описание с инструкцией по эксплуатации и/или паспорт).

3. Определить нормированные метрологические характеристики СИ непосредственно по средствам измерений и по технической документации на них и заполнить на каждое средство измерений и занести в таблицу 1.

Таблица 1

Классификационные признаки	Средство измерения (указать тип СИ)
По видам (по техническому назначению)	
По виду выходной величины	
По форме представления информации (только для измерительных приборов)	
По назначению	
По метрологическому назначению	
Нормированные метрологические характеристики	

### Вопросы для самопроверки и подготовки

1. Назовите виды средств измерений.
2. По каким классификационным признакам подразделяются СИ.
3. Охарактеризовать каждый вид СИ.
4. На какие группы подразделяются метрологические характеристики СИ.
5. Что такое метрологические характеристики?
6. Что такое нормируемые и действительные метрологические характеристики и чем они отличаются от метрологических характеристик?
7. Назовите метрологические характеристики, определяющие: область применения СИ; качество измерения.
8. Назовите виды погрешностей.
9. Какая характеристика определяет точность СИ?
10. Какую функцию выполняют эталоны?
11. В чем различие в назначении рабочих СИ и рабочих эталонов?

### Тест для самоконтроля

1. Погрешность, обусловленная несовершенством приемов использования средств измерений, некорректностью расчетных формул, неверным округлением результатов считается:
 

а) методической	г) грубой
б) приведенной	д) субъективной
в) инструментальной	е) систематической
2. Установите соответствие:
 

1) Класс точности выражен числом в кружке $\textcircled{1,5}$	а) $\delta = 1,5\%$
2) Класс точности выражен числом без кружка 1,5	б) $\gamma = 1,5\%$
3) Класс точности выражен числом в галочке $\checkmark^{1,5}$	в) $\gamma = 1,5\%$
3. Погрешность, обусловленная разностью между значением величины, полученным в процессе измерений, и настоящим (действительным) значением данной величины считается:
  - а) абсолютной;
  - б) приведенной;
  - в) инструментальной;
  - г) относительной.

4. Отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению измеряемой величины считается ... .

5. Отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению измеряемой величины считается

- a) приведенной погрешностью;
- b) методической погрешностью;
- c) относительной погрешностью;
- d) систематической погрешностью;
- e) случайной погрешностью.

6. Отношение абсолютной погрешности к истинному или измеренному значению измеряемой величины считается

- a) относительной погрешностью;
- b) методической погрешностью;
- c) приведенной погрешностью;
- d) систематической погрешностью.

7. Для чего предназначен первичный эталон?

a) для воспроизведения и хранения единицы физической величины с наивысшей точностью;

б) для передачи размера единицы рабочим эталонам;

в) для проверки сохранности и неизменности государственного эталона;

г) для передачи размера единицы рабочим средствам измерений;

д) для сличения эталонов, которые не могут быть сличаемы друг с другом.

8. Для чего предназначен эталон-копия?

a) для передачи размера единицы рабочим эталонам;

б) для сличения эталонов, которые не могут быть сличаемы друг с другом;

в) для проверки сохранности и неизменности государственного эталона;

г) для передачи размера единицы рабочим средствам измерений;

д) для воспроизведения и хранения единицы физической величины с наивысшей точностью.

9. Для чего предназначен рабочий эталон?

- а) для передачи размера единицы рабочим средствам измерений;
- б) для уменьшения износа первичного эталона;
- в) для проверки сохранности и неизменности государственного эталона;
- г) для сличения эталонов, которые не могут быть сличаемы друг с другом;
- д) для воспроизведения и хранения единицы физической величины с наивысшей точностью.

10. Существенным признаком эталона не является:

- а) конкурентоспособность
- б) неизменность
- в) сличаемость
- г) воспроизводимость
- д) точность

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РМГ 29–2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
2. ГОСТ 8.009–84. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
3. ГОСТ 8.401–80. ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования.
4. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2013. - 820 с. - (Основы наук). - Текст : непосредственный.
5. Волхонов, В. И. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / В. И. Волхонов, Е. И. Шклярова. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2011. - 246 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430004>. – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
6. Червяков, В. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / В. М. Червяков, А. О. Пилягина, П. А. Галкин. - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 113 с. – URL : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444677>. – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.