

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ

ФРИДМАН Михаил Феликсович,

вице-президент Международного фонда академиков по обеспечению проведения научных исследований в целях достижения социального прогресса общества, академик Международной академии информатизации в генеральном консультативном статусе ООН

Тема 2. ИЗМЕРЕНИЯ

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

- **Метрология** (англ. metrology) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.
- **Теоретическая метрология** – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии.
Примечание. Иногда применяют термин фундаментальная метрология.
- **Законодательная метрология** (англ. legal metrology) – раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимости точности измерений в интересах общества.
- **Практическая** (прикладная) метрология – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ /1/

- Теория измерения имеет глубокие исторические корни – более двухсот лет назад великий математик того времени **Л. Эйлер** дал четкое определение понятию „измерение“: „Невозможно определить или измерить одну величину иначе, как приняв в качестве известной другую величину этого тетрода и указав соотношение, в котором она находится к ней“. Теория рассматривает измерение с трех точек зрения научного подхода: технической, метрологической и гносеологической.
- **Техническая сторона** измерения заключается в совокупности операций по применению технического средства.
- **Метрологическая суть** измерения состоит в сравнении (в явном или неявном виде) измеряемой физической величины с ее единицей (хранимой применяемым средством), размер которой передан от эталона или образцового средства измерений.
- **Гносеологический аспект** данной теории говорит о том, что целью измерения является получение значения измеряемой величины (в форме, удобной для дальнейшего использования) с известной погрешностью, которая во многих случаях не должна превышать установленного предела. Измерения, охватывая все сферы человеческой деятельности, представляют собой важнейшее средство получения наиболее объективной

ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ /2/

- **Теория измерений** – это теория о классификации переменных величин по природе информации, которая содержится в числах – значениях этих переменных величин. Происхождение переменной величины накладывает ограничения на множество действий, которые можно производить с этой величиной. Иными словами, для каждой переменной величины существует **класс допустимых преобразований (КДП)**, которые корректно применимы ко всем значениям этой величины.
- Классификация величин по измеримости была предложена С.С. Стивенсом в 1946 году. Каждая группа величин, имеющих общие допустимые преобразования, называется **шкалой**

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ПОНЯТИЯ

- **Физическая величина** — физическое свойство материального объекта, физического явления, процесса, которое может быть охарактеризовано количественно.
- **Значение физической величины** — одно или несколько чисел, характеризующих эту физическую величину, с указанием единицы измерения, на основе которой они были получены.
- **Размер физической величины** — значения чисел, фигурирующих в *значении физической величины*.

Например, автомобиль может быть охарактеризован с помощью такой *физической величины*, как масса. При этом, *значением* этой физической величины будет, например, 1 тонна, а *размером* — число 1, или же *значением* будет 1000 килограмм, а *размером* — число 1000. Этот же автомобиль может быть охарактеризован с помощью другой *физической величины* — скорости. При этом, *значением* этой физической величины будет, например, вектор определённого направления 100 км/ч, а *размером* — число 100.

- **Размерность физической величины** — единица измерения, фигурирующая в *значении физической величины*. Как правило, у физической величины много различных размерностей: например, у длины — метр, миля, дюйм, парсек, световой год и т. д. Часть таких единиц измерения (без учёта своих десятичных множителей) могут входить в различные системы физических единиц — СИ, СГС и др.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

КЛАССИФИКАЦИИ /1/

- **Размерные и безразмерные физические величины**

Размерная физическая величина — физическая величина, для определения значения которой нужно применить какую-то единицу измерения этой физической величины. Подавляющее большинство физических величин являются размерными.

Безразмерная физическая величина — физическая величина, для определения значения которой достаточно только указания её размера. Например, относительная диэлектрическая проницаемость — это безразмерная физическая величина.

- **Аддитивные и неаддитивные физические величины**

Аддитивная физическая величина — физическая величина, разные значения которой могут быть суммированы, умножены на числовой коэффициент, разделены друг на друга. Например, физическая величина масса — аддитивная физическая величина (в классической механике).

Неаддитивная физическая величина — физическая величина, для которой суммирование, умножение на числовой коэффициент или деление друг на друга её значений не имеет физического смысла. Например, физическая величина температура — неаддитивная физическая величина.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

КЛАССИФИКАЦИИ /2/

Экстенсивные и интенсивные физические величины

- Физическая величина называется **экстенсивной**, если величина её значения складывается из величин значений этой физической величины для подсистем, из которых состоит система (например, объём, вес);
- **интенсивной**, если величина её значения не зависит от размера системы (например, температура, давление).

Некоторые физические величины, такие как момент импульса, площадь, сила, длина, время, **не относятся ни к экстенсивным, ни к интенсивным.**

От некоторых экстенсивных величин образуются производные величины:

- **удельная** величина — это величина, делённая на массу (например, удельный объём);
- **молярная** величина — это величина, делённая на количество вещества (например, молярный объём).

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

КЛАССИФИКАЦИИ /3/

- **Скалярные, векторные, тензорные величины**

В самом общем случае можно сказать, что физическая величина может быть представлена посредством тензора определённого ранга (валентности)

Скалярная физическая величина — физическая величина, валентность (ранг) тензора которой равна нулю. Это означает, что данная физическая величина может быть охарактеризована одним числом. Примеры скалярных физических величин: работа силы; масса; энергия.

- **Векторная физическая величина** — физическая величина, валентность (ранг) тензора которой равна 1. С точки зрения обыденных представлений, как правило, это означает то, что она характеризуется некоторым направлением в пространстве. Такие величины удобно описывать при помощи векторов. С точки зрения линейной алгебры любой вектор — это упорядоченный набор чисел (координат), то есть тензор валентности 1. К векторным физическим величинам относятся как величины, описываемые истинными векторами, так и псевдовекторами — величинами, изменяющими знак при замене ориентации системы координат на противоположную:

- примеры векторных физических величин: сила; скорость; импульс;
- примеры псевдовекторных физических величин: угловая скорость; момент импульса;

- Остальные физические величины описываются тензорами высших валентностей (2 и более), то есть являются **тензорными физическими**

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

СИСТЕМЫ /1/

- **Международная система единиц, СИ** (фр. *Le Système International d'Unités, SI*) — система единиц физических величин, современный вариант метрической системы. СИ является наиболее широко используемой системой единиц в мире, как в повседневной жизни, так и в науке и технике. В настоящее время СИ принята в качестве основной системы единиц большинством стран мира и почти всегда используется в области техники, даже в тех странах, в которых в повседневной жизни используются традиционные единицы. В этих немногих странах (например, в США) определения традиционных единиц были изменены таким образом, чтобы связать их фиксированными коэффициентами с соответствующими единицами СИ.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. СИСТЕМЫ /2/

- **СГС** (сантиметр-грамм-секунда) — система единиц измерения, которая широко использовалась до принятия Международной системы единиц (СИ). Другое название — *абсолютная^[1] физическая система единиц*.
- В рамках СГС существуют три независимые размерности (длина, масса и время), все остальные сводятся к ним путём умножения, деления и возведения в степень (возможно, дробную). Кроме трёх основных единиц измерения — сантиметра, грамма и секунды, в СГС существует ряд дополнительных единиц измерения, которые являются производными от основных. Некоторые физические константы получаются безразмерными. Есть несколько вариантов СГС, отличающихся выбором электрических и магнитных единиц измерения и величиной констант в различных законах электромагнетизма (СГСЭ, СГСМ, Гауссова система единиц).
- В научных работах, как правило, выбор той или иной системы определяется более приемлемостью обозначений и прозрачностью физического смысла, чем удобством измерений.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ШКАЛЫ

/1/

- **Номинальная шкала**

В шкале наименований допустимыми являются все взаимно-однозначные преобразования. В этой шкале числа используются как метки, только для различения объектов. В шкале наименований измерены, например, номера телефонов, автомашин, паспортов, студенческих билетов. Пол людей тоже измерен в шкале наименований, результат измерения принимает два значения - мужской, женский. Очевидно, что не имеет смысла складывать номера телефонов или умножать серии паспортов.

КДП: биективные преобразования.

- **Порядковая шкала**

В порядковой шкале числа используются не только для различения объектов, но и для установления порядка между объектами. Простейшим примером являются оценки знаний учащихся. Заметим, что в средней школе применяются оценки 2, 3, 4, 5, а в высшей школе ровно тот же смысл выражается словесно - неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично. Этим подчеркивается "нечисловой" характер оценок знаний учащихся. В порядковой шкале допустимыми являются все строго монотонные преобразования.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ШКАЛЫ

/2/

- **Шкала интервалов**

По шкале интервалов измеряют величину потенциальной энергии или координату точки на прямой. В этих случаях на шкале нельзя отметить ни естественное начало отсчета, ни естественную единицу измерения. Исследователь должен сам задать точку отсчета и сам выбрать единицу измерения. Допустимыми преобразованиями в шкале интервалов являются линейные возрастающие преобразования, т.е. линейные функции. Температурные шкалы Цельсия и Фаренгейта связаны именно такой зависимостью: $^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$, где $^{\circ}\text{C}$ - температура (в градусах) по шкале Цельсия, а $^{\circ}\text{F}$ - температура по шкале Фаренгейта.

КДП: все преобразования вида

- **Шкала отношений**

В шкалах отношений есть естественное начало отсчета - нуль, но нет естественной единицы измерения. По шкале отношений измерены большинство физических единиц: масса тела, длина, заряд, а также цены в экономике. Допустимыми преобразованиями шкале отношений являются подобные (изменяющие только масштаб). Другими словами, линейные возрастающие преобразования без свободного члена.

Примеры использования таких преобразований: пересчет цен из одной валюты в другую по фиксированному курсу, перевод массы из килограмм в фунты.

КДП: все преобразования вида

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ШКАЛЫ

/ 2 /

- **Шкала разностей**

В шкале разностей есть естественная единица измерения, но нет естественного начала отсчета. Время измеряется по шкале разностей, если год (или сутки - от полудня до полудня) принимаем естественной единицей измерения, и по шкале интервалов в общем случае. На современном уровне знаний естественного начала отсчета времени указать нельзя. Допустимыми преобразованиями шкале разностей являются сдвиги.

КДП: все преобразования вида

- **Абсолютная шкала**

Только для абсолютной шкалы результаты измерений - числа в обычном смысле слова. Примером является число людей в комнате. Для абсолютной шкалы допустимым является только тождественное преобразование.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ШКАЛЫ

/4/

Качественные шкалы



Количественные шкалы



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ /1/

- **Эталон единицы физической величины** (англ. measurement standard) – 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.
Примечания:
 - 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 (по М.Ф. Маликову) - неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.
- **Первичный эталон** (англ. primary standard) – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью.
Примечание. Метрологические свойства первичных эталонов единиц величин устанавливают независимо от других эталонов единиц этих же величин.
- **Первичный специальный эталон** – первичный эталон, воспроизводящий единицу в специфических условиях (высокие и

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ /2/

- **Вторичный эталон** (англ. secondary standard) – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.
Примечание. К вторичным эталонам относят эталоны-копии, рабочие эталоны и эталоны сравнения.
- **Эталон сравнения** (англ. transfer standard) – вторичный эталон, применяемый для сличений эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.
- **Исходный эталон** (англ. reference standard) – эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами из имеющихся в данном виде измерений (в стране или группе стран, в регионе, министерстве (ведомстве), организации, предприятии или лаборатории), от которого получают размер единицы подчиненные ему средства измерений.

Примечания:

- В некоторых странах СНГ в качестве исходного эталона единицы той или иной величины служит вторичный эталон, который получает размер единицы от первичного эталона страны - хранителя этого эталона.
- Эталоны, стоящие в поверочной схеме ниже исходного эталона, обычно называют подчиненными эталонами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ /3/

- **Эталон-копия** – вторичный эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим эталонам и заменяющий в обоснованных случаях первичный эталон.
Примечание. Эталон-копия не всегда является физической копией первичного эталона.
- **Рабочий эталон** (англ. working standard) – вторичный эталон, предназначенный для передачи размера единицы образцовым и наиболее точным рабочим средствам измерений.
- **Государственный первичный эталон** – первичный эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории государства.
Пример. Государственные эталоны метра, килограмма, секунды, ампера, кельвина, канделы, ньютона, паскаля, вольта, беккереля.
- **Национальный эталон** (англ. national standard) – эталон, признанный официальным решением служить в качестве исходного для страны.
Примечание. Данное определение соответствует VIM-93 [1]. Оно по существу совпадает с определением понятия государственный эталон. Это свидетельствует о том, что термины государственный эталон и национальный эталон отражают одно и то же понятие. Вследствие этого термин национальный эталон применяют в случаях проведения сличения эталонов, принадлежащих отдельным государствам, с международным эталоном или при проведении так называемых круговых сличений эталонов ряда стран.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ /4/

- **Международный эталон** (англ. international standard) – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.
Пример. Международный прототип килограмма, хранимый в МБМВ, утвержден 1-й Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ).
 - **Одиночный эталон** – эталон, в составе которого имеется одно средство измерений (мера, измерительный прибор, эталонная установка) для воспроизведения и (или) хранения единицы.
 - **Групповой эталон** (англ. collective standard) – 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.
- Примечания:**
- Групповые эталоны подразделяют на групповые эталоны постоянного или переменного составов.
 - За результат измерений принимают обычно среднее арифметическое значение результатов измерений однотипными средствами измерений или эталонными установками.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ /5/

- **Эталонный набор** (англ. group standard) – эталон, состоящий из совокупности средств измерений, позволяющих воспроизводить и (или) хранить единицу в диапазоне, представляющем объединение диапазонов указанных средств.
Примечание. Эталонные наборы создаются в тех случаях, когда необходимо охватить определенную область значений физической величины.
- **Транспортируемый эталон** (англ. travelling standard) – эталон (иногда специальной конструкции), предназначенный для его транспортирования к местам поверки (калибровки) средств измерений или сличений эталонов данной единицы.
- **Хранение эталона** (англ. conservation of a measurement standard) – совокупность операций, необходимых для поддержания метрологических характеристик эталона в установленных пределах.

Примечания:

- При хранении первичного эталона выполняют регулярные его исследования, включая сличения с национальными эталонами других стран с целью повышения точности воспроизведения единицы и совершенствования методов передачи ее размера.
- Для руководства работ по хранению государственных эталонов устанавливают специальную категорию должностных лиц - ученых хранителей государственных эталонов, назначаемых из числа ведущих в данной области специалистов-метрологов.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ЭТАЛОНЫ

ЕДИНИЦ /6/

- **Эталонная база страны** – совокупность государственных первичных и вторичных эталонов, являющаяся основой обеспечения единства измерений в стране.
Примечание. Число эталонов не является постоянным, а изменяется в зависимости от потребностей экономики страны. Обычно прослеживается увеличение их числа во времени, что обусловлено постоянным развитием рабочих средств измерений.
- **Эталонная установка** – измерительная установка, входящая в состав эталона.
Примечание. Эталон может состоять из нескольких эталонных установок.
- **Поверочная установка** – измерительная установка, укомплектованная рабочими эталонами или образцовыми средствами измерений (ОСИ) и предназначенная для передачи размера единицы подчиненным ОСИ и (или) рабочим средствам измерений.
- **Воспроизведение единицы физической величины** – совокупность операций по материализации единицы физической величины с помощью государственного первичного эталона.
Примечание. Возникает воспроизведение основных и

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ /7/

- **Воспроизведение основной единицы** – воспроизведение единицы путем создания фиксированной по размеру физической величины в соответствии с определением единицы.
Примеры:
- Воспроизведение единицы длины - метра - в соответствии с его определением, принятым на XVII ГКМВ в 1983 г., заключается в создании при помощи первичного эталона в специальных условиях длины пути, проходимого светом в вакууме за промежуток времени, равный $1/299792458$ с. При этом скорость света в вакууме принята за константу (299792458 м/с).
- Единица массы - 1 кг (точно) - воспроизведена в виде платиноиридиевой гири, хранимой в МБМВ в качестве международного эталона килограмма. Розданные другим странам эталоны имеют номинальное значение 1 кг, их действительные значения получены по отношению к международному эталону. На основании последних международных сличений платиноиридиевая гиря, входящая в состав государственного эталона единицы массы, в России имела значение $1,000000087$ кг (1979 г.).
- **Воспроизведение производной единицы** – определение значения физической величины в указанных единицах на основании измерений других величин, функционально связанных с измеряемой величиной. Пример. Воспроизведение единицы силы - ньютона - осуществляется на основании известного уравнения механики $F = mg$, где: m - масса, g - ускорение свободного падения

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ /8/

- **Передача размера единицы** – приведение размера единицы физической величины, хранимой поверяемым средством измерений, к размеру единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, осуществляемое при их поверке (калибровке).

Примечания:

- Нередко при поверке (калибровке) измеряют одну и ту же физическую величину поверяемым средством измерения и эталоном с целью установления разности в их показаниях и введения поправки (в показание поверяемого средства измерений).
- Размер единицы передается «сверху вниз» в соответствии с числом ступеней передачи, установленным поверочной схемой.
- **Хранение единицы** – совокупность операций, обеспечивающих неизменность во времени размера единицы, присущего данному средству измерений.
- **Поверочная схема для средств измерений** (англ. hierarchy scheme) – иерархическая структура, устанавливающая соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы от исходного эталона рабочим средствам измерений (с указанием методов и погрешностей при передаче), утверждаемая в установленном порядке в качестве нормативного документа.
Примечание. Различают государственные, локальные и межгосударственные поверочные схемы.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ /9/

- **Государственная поверочная схема** – поверочная схема, распространяющаяся на все средства измерений данной величины, имеющиеся в стране, и утверждаемая в качестве нормативного документа национальным органом по метрологии.
- **Локальная поверочная схема** – поверочная схема, распространяющаяся на средства измерений данной величины, применяемые в регионе, отрасли, ведомстве или на отдельном предприятии (в организации), и утверждаемая в качестве нормативного документа организацией (учреждением, подразделением - для отдельного предприятия), отвечающей за обеспечение единства измерений.
- **Межгосударственная поверочная схема** – поверочная схема, распространяющаяся на средства измерений данной величины, применяемые (и поверяемые) в заинтересованных странах СНГ с единым метрологическим пространством, и утверждаемая в качестве межгосударственного нормативного документа.
- **Ученый хранитель государственного эталона** – должностное лицо государственного научного метрологического центра, несущее ответственность за правильное хранение и применение государственного эталона и его совершенствование.

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

/1/

- **Измерение физической величины** (англ. measurement) – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.
Примеры:
- В простейшем случае, прикладывая линейку с делениями к какой-либо детали, по сути сравнивают ее размер с единицей, хранимой линейкой, и, произведя отсчет, получают значение величины (длины, высоты, толщины и других параметров детали).
- С помощью измерительного прибора сравнивают размер величины, преобразованной в перемещение указателя, с единицей, хранимой шкалой этого прибора, и проводят отсчет.

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

/ 2 /

- **Равноточные измерения** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.
- **Неравноточные измерения** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.
- **Однократное измерение** – измерение, выполненное один раз.
Примечание. Во многих случаях на практике выполняются именно однократные измерения. Например, измерение конкретного момента времени по часам обычно производится один раз.
- **Многократное измерение** – измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений.
- **Статическое измерение** (англ. static measurement) – измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

Примеры:

- Измерение длины детали при нормальной температуре.
- Измерение размеров земельного участка

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ /3/

- **Динамическое измерение** (англ. dynamic measurement) – измерение изменяющейся по размеру физической величины.
 - **Абсолютное измерение** – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант. Пример. Измерение силы $F=mg$ основано на измерении основной величины - массы m и использовании физической постоянной g (в точке измерения массы). Примечание. Понятие абсолютное измерение применяется как противоположное понятию относительное измерение и рассматривается как измерение величины в ее единицах. В таком понимании это понятие находит все большее и большее применение.
 - **Относительное измерение** – измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.
 - **Прямое измерение** – измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно. Примечание. Термин прямое измерение возник как противоположный термину косвенное измерение. Строго говоря, измерение всегда прямое и рассматривается как сравнение величины с ее единицей. В этом случае лучше применять термин прямой метод измерений.
- Примеры:**
- Измерение длины детали микрометром.
 - Измерение силы тока амперметром.
 - Измерение массы на весах.

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ /4/

- **Косвенное измерение** – определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. Примечание. Во многих случаях вместо термина косвенное измерение применяют термин косвенный метод измерений.
- **Совокупные измерения** – проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях. Примечание. Для определения значений искомых величин число уравнений должно быть не меньше числа величин.
- **Совместные измерения** – проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними.
- **Наблюдение при измерении** (англ. observation) – операции, проводимые при измерении и имеющие целью своевременно и правильно произвести отсчет.
- **Отсчет показаний средства измерений** – фиксация значения

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ /5/

- **Измерительный сигнал** (англ. measurement signal) – сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине.
- **Измерительная информация** (англ. measurement information) – информация о значениях физических величин.
- **Измерительная задача** – задача, заключающаяся в определении значения физической величины путем ее измерения с требуемой точностью в данных условиях измерений.
- **Объект измерения** – тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими измерительными функциями, связанными с физическими величинами.

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ /6/

- **Область измерений** – совокупность измерений физических величин, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой.
- **Вид измерений** – часть области измерений, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью измеряемых величин.
- **Подвид измерений** – часть вида измерений, выделяющаяся особенностями измерений однородной величины (по диапазону, по размеру величины и др.).

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /1/

- **Средства измерительной техники** – обобщающее понятие, охватывающее технические средства, специально предназначенные для измерений.
Примечание. К средствам измерительной техники относят средства измерений и их совокупности (измерительные системы, измерительные установки), измерительные принадлежности, измерительные устройства.
- **Средство измерений** (англ. measuring instrument) – 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

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /2/

- **Образцовое средство измерений** – средство измерений, предназначенное для хранения и передачи размера единицы одной или размеров единиц нескольких величин от эталонов рабочим средствам измерений. **Примечания:**
- Образцовые средства измерений при необходимости подразделяют на разряды: 1-й, 2-й,..., k-й разряд. В этом случае передачу размера единицы от эталона по поверочной схеме осуществляют через цепочку соподчиненных по разрядам ОСИ. При этом от последнего ОСИ в этой цепочке размер единицы передают рабочему средству измерений.
- В метрологической практике наряду с термином "образцовое средство измерений k-го разряда" используют термин "эталон k-го разряда". Оба этих термина равнозначны и определяют, по сути, один и тот же метрологический объект. (пп. 6.2а введен Изменением N 2, введенным Приказом Росстандарта от 04.08.2010 N 203-ст)
- **Рабочее средство измерений** (англ. ordinary measuring instrument) – средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /3/

- **Основное средство измерений** – средство измерений той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей.
- **Вспомогательное средство измерений** (англ. auxiliary measuring instrument) – средство измерений той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности. Пример. Термометр для измерения температуры газа в процессе измерений объемного расхода этого газа.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /4/

- **Стандартизованное средство измерений** (англ. legal measuring instrument) – средство измерений, изготовленное и применяемое в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта. Примечание. Обычно стандартизованные средства измерений подвергают испытаниям и вносят в Госреестр.
- **Нестандартизованное средство измерений** – средство измерений, стандартизация требований к которому

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /5/

- **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. Примечание. Автоматическое средство измерений, встроенное в автоматическую технологическую линию, нередко называют измерительный автомат или контрольный автомат. Применяют также понятие измерительные работы, под которыми нередко понимают разновидность контрольно-измерительных машин, отличающихся хорошими манипуляционными свойствами, высокими скоростями перемещений и измерений.
- **Автоматизированное средство измерений** – средство измерений, производящее в автоматическом режиме одну или часть измерительных операций.

Примеры:

- Барограф (измерение и регистрация результатов)
- Электрический счетчик электроэнергии (измерение и регистрация данных нарастающим итогом).

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /6/

- **Мера физической величины** (англ. material measure) – 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.
Примечания:
- Различают следующие разновидности мер: 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).
- При оценивании величин по условным (неметрическим) шкалам, имеющим реперные точки, в качестве «мер» нередко выступают вещества или материалы с приписанными им условными значениями величин. Так, для шкалы Мооса мерами твердости являются минералы различной твердости. Приписанные им значения твердости образуют ряд реперных точек условной шкалы.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /7/

- **Измерительный прибор** (англ. measuring instrument) – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.
Примечания:
 - По способу индикации значений измеряемой величины измерительные приборы разделяют на показывающие и регистрирующие.
 - По действию измерительные приборы разделяют на интегрирующие и суммирующие. Различают также приборы прямого действия и приборы сравнения, аналоговые и цифровые приборы, самопишущие и печатающие приборы.
- **Измерительная установка** (англ. measuring installation) – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте.
Примечания:
 - Измерительную установку, применяемую для поверки, называют поверочной установкой. Измерительную установку, входящую в состав эталона, называют эталонной установкой.
 - Некоторые большие измерительные установки называют измерительными машинами.
- **Примеры:**
 - Установка для измерений удельного сопротивления электротехнических материалов.
 - Установка для испытаний магнитных материалов.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /8/

- **Измерительная машина** – измерительная установка крупных размеров, предназначенная для точных измерений физических величин, характеризующих изделие.
Примеры: силоизмерительная машина, машина для измерения больших длин в промышленном производстве, делительная машина, координатно-измерительная машина.
- **Измерительная система** (англ. measuring system) – 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.
Примечания:
 - 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.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /9/

- **Измерительно-вычислительный комплекс** – функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной системы конкретной измерительной задачи.
- **Стандартный образец** (англ. certified reference material) – образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала).

Примечания:

- Различают стандартные образцы свойства и стандартные образцы состава.
- Стандартные образцы свойств веществ и материалов по метрологическому назначению выполняют роль однозначных мер. Они могут применяться в качестве рабочих эталонов (с присвоением разряда по государственной поверочной схеме).
- Примеры:
- СО свойства: СО относительной диэлектрической проницаемости, СО высокочистой бензойной кислоты.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /10/

- **Измерительный преобразователь** (англ. measuring transducer) – техническое средство с нормированными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи. (в ред. Изменения N 2, введенного Приказом Росстандарта от 04.08.2010 N 203-ст)

Примечания:

- ИП или входит в состав какого-либо измерительного прибора (измерительной установки, измерительной системы и др.), или применяется вместе с каким-либо средством измерений.
- По характеру преобразования различают аналоговые, цифро-аналоговые, аналого-цифровые преобразователи. По месту в измерительной цепи различают первичные и промежуточные преобразователи. Выделяют также масштабные и передающие преобразователи.
- **Примеры:**
- Термопара в термоэлектрическом термометре.
- Измерительный трансформатор тока.
- Электропневматический преобразователь.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /11/

- **Первичный измерительный преобразователь** (англ. sensor) – измерительный преобразователь, на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина, т.е. первый преобразователь в измерительной цепи измерительного прибора (установки, системы).

Примеры:

- Термопара в цепи термоэлектрического термометра.
- Ряд первичных преобразователей измерительной контролирующей системы, расположенных в разных точках контролируемой среды.
- **Датчик** – конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы (он «дает» информацию).

Пример: Датчики запущенного метеорологического радиозонда передают измерительную информацию о температуре, давлении, влажности и других

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /12/

- **Средство сравнения** – техническое средство или специально создаваемая среда, посредством которых возможно выполнять сравнения друг с другом мер однородных величин или показания измерительных приборов.

Примеры:

- Рычажные весы, на одну чашку которых устанавливается эталонная гиря, а на другую поверяемая, есть средство для их сравнения.
- Градуировочная жидкость для сравнения показаний эталонного и рабочего ареометров служит необходимой средой для градуирования рабочих ареометров.
- Температурное поле, создаваемое термостатом для сравнения показаний термометров, является необходимой средой.
- Давление среды, создаваемое компрессором, может быть измерено поверяемым и эталонным манометрами одновременно. На основании показаний эталонного прибора градуируется поверяемый прибор.
- **Компаратор** (англ. comparator) – средство сравнения, предназначенное для сличения мер однородных величин.

Примеры:

- Рычажные весы.
- Компаратор для сличения нормальных элементов.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /13/

- **Узаконенное средство измерений** (англ. legal measuring instrument) – средство измерений, признанное годным и допущенное для применения уполномоченным на то органом.
Примеры:
- Государственные эталоны страны становятся таковыми в результате утверждения первичных эталонов национальным органом по стандартизации и метрологии.
- Рабочие средства измерений, предназначенные для серийного выпуска, узакониваются путем утверждения типа.
- **Измерительные принадлежности** – вспомогательные средства, служащие для обеспечения необходимых условий для выполнения измерений с требуемой точностью.
Примеры:
- Термостат.
- Барокамера.
- Специальные противовибрационные фундаменты.
- Устройства, экранирующие влияние электромагнитных полей.
- Тренога для установки прибора по уровню.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /14/

- **Измерительная цепь** (англ. measuring chain) – совокупность элементов средств измерений, образующих непрерывный путь прохождения измерительного сигнала одной физической величины от входа до выхода. Измерительную цепь измерительной системы называют измерительным каналом.
- **Измерительное устройство** – часть измерительного прибора (установки или системы), связанная с измерительным сигналом и имеющая обособленную конструкцию и назначение. Пример. Измерительным устройством может быть названо регистрирующее устройство измерительного прибора (включающее ленту для записи, лентопротяжный механизм и пишущий элемент), измерительный преобразователь.
- **Индикатор** (англ. detector) – техническое средство или вещество, предназначенное для установления наличия какой-либо физической величины или превышения уровня ее порогового значения. Пример. Индикатором наличия (или отсутствия) измерительного сигнала может служить осциллограф. Индикатор близости к нулю сигнала называют нулевым или нуль-индикатором. При химических реакциях в качестве индикатора применяют лакмусовую бумагу и какие-либо вещества. В области измерений ионизирующих излучений индикатор часто дает световой и (или) звуковой сигнал о превышении уровнем радиации его порогового значения.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /15/

- **Чувствительный элемент средства измерений** – часть измерительного преобразователя в измерительной цепи, воспринимающая входной измерительный сигнал.
- **Измерительный механизм средства измерений** – совокупность элементов средства измерений, которые обеспечивают необходимое перемещение указателя (стрелки, светового пятна и т.д.).
- **Показывающее устройство средства измерений** (англ. indicating device) – совокупность элементов средства измерений, которые обеспечивают визуальное восприятие значений измеряемой величины или связанных с ней величин.
- **Указатель средства измерений** (англ. index) – часть показывающего устройства, положение которой относительно отметок шкалы определяет показания средства измерений.

Примеры:

- У барометра-анероида указателем является подвижная стрелка.
- У ртутного термометра – поверхность столбика жидкости.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /16/

- **Регистрирующее устройство средства измерений** (англ. recording device) – совокупность элементов средства измерений, которые регистрируют значение измеряемой или связанной с ней величины.
- **Шкала средства измерений** (англ. scale) – часть показывающего устройства средства измерений, представляющая собой упорядоченный ряд отметок вместе со связанной с ними нумерацией. Примечание. Отметки на шкалах могут быть нанесены равномерно или неравномерно. В связи с этим шкалы называют равномерными или неравномерными.
- **Отметка шкалы** (англ. scale mark) – знак на шкале средства измерений (черточка, зубец, точка и др.), соответствующий некоторому значению физической величины.
- **Числовая отметка шкалы** – отметка шкалы средства измерений, у которой проставлено число.
- **Деление шкалы** (англ. scale division) – промежуток между двумя соседними отметками шкалы средства измерений.
- **Длина деления шкалы** (англ. scale spacing) – расстояние между осями (или центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы.
- **Цена деления шкалы** (англ. scale interval) – разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /17/

- **Длина шкалы** (англ. scale length) – длина линии, проходящей через центры всех самых коротких отметок шкалы средства измерений и ограниченной начальной и конечной отметками.
Примечания:
- Линия может быть реальной или воображаемой, кривой или прямой.
- Длина шкалы выражается в единицах длины независимо от единиц, указанных на шкале.
- **Начальное значение шкалы** – наименьшее значение измеряемой величины, которое может быть отсчитано по шкале средства измерений. Пример. Для медицинского термометра начальным значением шкалы является 34,3 °C.
- **Конечное значение шкалы** – Наибольшее значение измеряемой величины, которое может быть отсчитано по шкале средства измерений. Пример. Для медицинского термометра конечным значением шкалы является 42 °C.
- **Табло цифрового измерительного прибора** – показывающее устройство цифрового измерительного прибора.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /18/

- **Метрологическая характеристика средства измерений** – характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений и на его погрешность.
Примечания:
 - 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.
- **Показание средства измерений** (англ. indication of a measuring instrument) – значение величины или число на показывающем устройстве средства измерений.
- **Вариация показаний измерительного прибора** – разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины. Примечание. В высокочувствительных (особенно в электронных) измерительных приборах вариация приобретает иной смысл и может быть раскрыта как колебание его показаний около среднего значения (показание «дышит»).

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /19/

- **Диапазон показаний средства измерений** (англ. scale range) – область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.
- **Диапазон измерений средства измерений** (англ. specified measuring range) – область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений. Примечание. Значения величины, ограничивающие диапазон измерений снизу и сверху (слева и справа), называют соответственно нижним пределом измерений или верхним пределом измерений.
- **Номинальное значение меры** (англ. nominal value) – значение величины, приписанное мере или партии мер при изготовлении.
- **Действительное значение меры** (англ. conventional true value of an actual measure) – 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 международных сличений с международным эталоном килограмма, хранящимся в Международном Бюро Мер и Весов (BIPM) (в данном случае

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /20/

- **Чувствительность средства измерений** (англ. sensitivity) – свойство средства измерений, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины.
Примечание. Различают абсолютную и относительную чувствительность. Абсолютную чувствительность определяют по формуле $S = DI/Dx$, относительную чувствительность - по формуле $S_o = DI/(Dx/c)$, где DI - изменение сигнала на выходе, x - измеряемая величина, Dx - изменение измеряемой величины.
- **Порог чувствительности средства измерений** (англ. discrimination threshold) – характеристика средства измерений в виде наименьшего значения изменения физической величины, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством.
Примечания:
 - Если самое незначительное изменение массы, которое вызывает перемещение стрелки весов, составляет 10 мг, то порог чувствительности весов равен 10 мг.
 - Кроме терминов, указанных в 6.49 и 6.50, на практике применяются также термины: реагирование и порог реагирования, подвижность средства измерений и порог подвижности, срабатывание и порог срабатывания. Иногда применяют термин пороговая чувствительность. Это свидетельствует о том, что терминология для выражения понятий, связанных со свойствами средства измерений реагировать на малые изменения измеряемых величин, еще не устоялась. В целях упорядочения терминологии эти термины следует рассматривать как синонимы и не применять их.

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /21/

- **Разрешение средства измерений** – характеристика средства измерений, выражаемая наименьшим интервалом времени между отдельными импульсами или наименьшим расстоянием между объектами, которые фиксируются прибором раздельно. Исходя из указанного определения, различают временное разрешение и пространственное разрешение.
- **Градуировочная характеристика средства измерения** – зависимость между значениями величин на входе и выходе средства измерений, полученная экспериментально. Градуировочная характеристика может быть выражена в виде формулы, графика или таблицы.
- **Смещение нуля** – показание средства измерений, отличное от нуля, при входном сигнале, равном нулю. Примечание. Различают смещение механического нуля, наблюдаемое как отклонение указателя от нуля шкалы приборов с механическими указателями, и смещение электрического нуля, наблюдаемое как существование выходного сигнала при нулевом входном сигнале приборов.
- **Дрейф показаний средства измерений** (англ. drift) – изменение показаний средства измерений во времени, обусловленное изменением влияющих величин или других факторов. Пример. Ход хронометра, определяемый как разность поправок к его показаниям, вычисленных в разное время. Обычно ход хронометра определяют за сутки (суточный ход).

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /22/

- **Зона нечувствительности средства измерений** (англ. dead band) – диапазон значений измеряемой величины, в пределах которого ее изменения не вызывают выходного сигнала средства измерений. Примечание. Иногда зону называют мертвой. Она наблюдается вблизи некоторых радионавигационных систем или измерительных установок. Например, зона нечувствительности у судовой радиолокационной установки, зависящая от размеров судна и высоты антенны радиолокационной установки над судовыми надстройками.
- **Средства поверки** – эталоны, поверочные установки и другие средства измерений, применяемые при поверке в соответствии с установленными правилами. Примечание. Применительно к одному средству термин может применяться в единственном числе - средство поверки.
- **Тип средства измерений** (англ. pattern of a measuring instrument) – совокупность средств измерений одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации. Примечание. Средства измерений одного типа могут иметь различные модификации (например, отличаться по диапазону измерений)

СРЕДСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ /23/

- **Вид средства измерений** – совокупность средств измерений, предназначенных для измерений данной физической величины. Вид средств измерений может включать несколько их типов. Пример. Амперметры и вольтметры (вообще) являются видами средств измерений, соответственно, силы электрического тока и напряжения.
- **Метрологическая исправность средства измерений** – состояние средства измерений, при котором все нормируемые метрологические характеристики соответствуют установленным требованиям.
- **Метрологическая надежность средства измерений** – надежность средства измерений в части сохранения его метрологической исправности.
- **Метрологический отказ средства измерений** – выход метрологической характеристики средства измерений за установленные пределы. Пример. Если погрешность средства измерений класса точности 0,01 стала превышать 0,01%, то это значит, что произошел метрологический отказ и средство измерений уже не соответствует установленному ранее классу точности. Если не установлены технические неполадки, то средству измерений может быть присвоен другой, более низкий

ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

/1/

- **Принцип измерений** (англ. principle of measurement) – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Примеры:

- Применение эффекта Джозефсона для измерения электрического напряжения.
- Применение эффекта Пельтье для измерения поглощенной энергии ионизирующих излучений.
- Применение эффекта Доплера для измерения скорости.
- Использование силы тяжести при измерении массы взвешиванием.
- **Метод измерений** (англ. method of measurement) – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.
- **Метод непосредственной оценки** – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.
- **Метод сравнения с мерой** – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Примеры:

- Измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями (мерами массы с известным значением).
- Измерение напряжения постоянного тока на компенсаторе сравнением с известной ЭДС нормального элемента.

ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

/2/

- **Нулевой метод измерений** (англ. null method of measurement) – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.
- **Метод измерений замещением** (англ. substitution method of measurement) – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины. Пример. Взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов (метод Борда).
- **Метод измерений дополнением** – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.
- **Дифференциальный метод измерений** (англ. differential method of measurement) – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами.

ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

/3/

- **Контактный метод измерений** – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения.

Примеры:

- Измерение диаметра вала измерительной скобой или контроль проходным и непроходным калибрами.
- Измерение температуры тела термометром.
- **Бесконтактный метод измерений** – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения.

Примеры:

- Измерение температуры в доменной печи пирометром.
- Измерение расстояния до объекта радиолокатором.
- **Методика выполнения измерений** (англ. measurement procedure) – установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом.

Примечание. Обычно методика измерений регламентируется каким-либо нормативно-техническим документом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН /1/

- **Результат измерения физической величины** (англ. result of a measurement) – значение величины, полученное путем ее измерения.
- **Неисправленный результат измерения** (англ. uncorrected result) – значение величины, полученное при измерении до введения в него поправок, учитывающих систематические погрешности.
- **Исправленный результат измерения** (англ. corrected result) – полученное при измерении значение величины и уточненное путем введения в него необходимых поправок на действие систематических погрешностей.
- **Сходимость результатов измерений** (англ. repeatability of measurements) – близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

Примечания:

- Наряду с термином «сходимость» в отечественных нормативных документах используют термин «повторяемость».
- Сходимость результатов измерений может быть выражена количественно через характеристики их рассеяния (в ред. Изменения N 1, введенного Приказом Ростехрегулирования от 27.10.2004 N 53-ст)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН /2/

- **Воспроизводимость результатов измерений** (англ. reproducibility of measurement) – близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температуре, давлению, влажности и др.).
- **Ряд результатов измерений** – значения одной и той же величины, последовательно полученные из следующих друг за другом измерений.
- **Среднее взвешенное значение величины** (англ. weighted mean) – среднее значение величины из ряда неравноточных измерений, определенное с учетом веса каждого единичного измерения.
Примечание. Среднее взвешенное значение иногда называют средним весовым.
- **Вес результата измерений** – положительное число (p), служащее оценкой доверия к тому или иному отдельному результату измерения, входящему в ряд неравноточных измерений.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/1/

- **Погрешность результата измерения** (англ. error of a measurement) – отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины.
Примечания:
 - Истинное значение величины неизвестно, его применяют только в теоретических исследованиях.
 - На практике используют действительное значение величины x_d , в результате чего погрешность измерения $Dx_{изм}$ определяют по формуле: $Dx_{изм} = x_{изм} - x_d$, где $x_{изм}$ – измеренное значение величины.
 - Синонимом термина погрешность измерения является термин ошибка измерения, применять который не рекомендуется как менее удачный.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/2/

- **Систематическая погрешность измерения** (англ. systematic error) – составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины.
Примечание. В зависимости от характера измерения систематические погрешности подразделяют на постоянные, прогрессивные, периодические и погрешности, изменяющиеся по сложному закону.
Постоянные погрешности - погрешности, которые длительное время сохраняют свое значение, например в течение времени выполнения всего ряда измерений. Они встречаются наиболее часто.
Прогрессивные погрешности - непрерывно возрастающие или убывающие погрешности. К ним относятся, например, погрешности вследствие износа измерительных наконечников, контактирующих с деталью при контроле ее прибором активного контроля.
Периодические погрешности - погрешности, значение которых является периодической функцией времени или перемещения указателя измерительного прибора.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/3/

- **Инструментальная погрешность измерения** (англ. instrumental error) – составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений.
- **Погрешность метода измерений** (англ. error of method) – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений.

Примечания:

- Вследствие упрощений, принятых в уравнениях для измерений, нередко возникают существенные погрешности, для компенсации действия которых следует вводить поправки. Погрешность метода иногда называют теоретической погрешностью.
- Иногда погрешность метода может проявляться как случайная.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/4/

- **Погрешность (измерения) из-за изменений условий измерения** – составляющая систематической погрешности измерения, являющаяся следствием неучтенного влияния отклонения в одну сторону какого-либо из параметров, характеризующих условия измерений, от установленного значения.

Примечание. Этот термин применяют в случае неучтенного или недостаточно учтенного действия той или иной влияющей величины (температуры, атмосферного давления, влажности воздуха, напряженности магнитного поля, вибрации и др.); неправильной установки средств измерений, нарушения правил их взаимного расположения и др.

- **Субъективная погрешность измерения** – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная индивидуальными особенностями оператора.

Примечания:

- Встречаются операторы, которые систематически опаздывают (или опережают) снимать отсчеты показаний средств измерений.
- Иногда субъективную погрешность называют личной погрешностью или личной разностью.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/5/

- **Неисключенная систематическая погрешность** – составляющая погрешности результата измерений, обусловленная погрешностями вычисления и введения поправок на влияние систематических погрешностей или систематической погрешностью, поправка на действие которой не введена вследствие ее малости.

Примечания:

- 1. Иногда этот вид погрешности называют неисключенный (ые) остаток (остатки) систематической погрешности.
- 2. Неисключенная систематическая погрешность характеризуется ее границами. Границы неисключенной систематической погрешности θ при числе слагаемых $N \leq 3$ вычисляют по формуле:

$$\theta = \pm \sum_{i=1}^N |\theta_i|$$

- где θ - граница i -ой составляющей неисключенной систематической погрешности.
- 3. При числе неисключенных систематических погрешностей $N \geq 4$ вычисления проводят по формуле:

$$\theta = \pm K \sqrt{\sum_{i=1}^N \theta_i^2}$$

- где K - коэффициент зависимости отдельных неисключенных систематических погрешностей от выбранной доверительной вероятности P при их равномерном распределении (при $P = 0,99$ $K = 1,4$). Здесь ТЕТА рассматривается как доверительная квазислучайная погрешность.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/6/

- **Случайная погрешность измерения** (англ. random error) – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же физической величины.
- **Абсолютная погрешность измерения** (англ. absolute error of a measurement) – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.
- **Абсолютное значение погрешности** (англ. absolute value of an error) – значение погрешности без учета ее знака (модуль погрешности).
Примечание. Необходимо различать термины абсолютная погрешность и абсолютное значение погрешности.
- **Относительная погрешность измерения** (англ. relative error) – погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины.
$$\delta = \frac{\delta x}{x} \text{ или } \delta = \frac{\delta x}{x} \times 100\%$$

Примечание. Относительную погрешность в долях или процентах находят из отношений:

- где: δx - абсолютная погрешность измерений; x - действительное или измеренное значение величины.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/7/

- **Рассеяние результатов в ряду измерений** (англ. dispersion) – несовпадение результатов измерений одной и той же величины в ряду равноточных измерений, как правило, обусловленное действием случайных погрешностей.

Примечания:

- Количественную оценку рассеяния результатов в ряду измерений вследствие действия случайных погрешностей обычно получают после введения поправок на действие систематических погрешностей.
- Оценками рассеяния результатов в ряду измерений могут быть: - размах, - среднее квадратическое отклонение (экспериментальное среднее квадратическое отклонение), - доверительные границы погрешности (доверительная граница). (в ред. Изменения N 2, введенного Приказом Росстандарта от 04.08.2010 N 203-ст)
- **Размах результатов измерений** (англ.) – оценка R_n рассеяния результатов единичных измерений физической n величины, образующих ряд (или выборку из n измерений), вычисляемая по формуле:
- $R_n = x_{max} - x_{min}$,
- где x_{max} и x_{min} - наибольшее и наименьшее значения физической величины в данном ряду измерений.

Примечание. Рассеяние обычно обусловлено проявлением случайных причин при измерении и носит вероятностный характер.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/o/

- **Среднее квадратическое отклонение результатов единичных измерений в ряду измерений** (англ. experimental (sample) standard deviation) – характеристика S рассеяния результатов измерений в ряду равноточных измерений одной и той же физической величины, вычисляемая по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

- где: x_i - результат i -го единичного измерения; $\bar{x}$ - среднее арифметическое значение n единичных результатов измерений величины.

Примечание - СКО S является оценкой стандартного отклонения сигма - параметра распределения результатов измерений и одновременно оценкой стандартного отклонения распределения случайной погрешности этих результатов. (п. 9.14 в ред. Изменения N 2, введенного Приказом Росстандарта от 04.08.2010 N 203-ст)

- **Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического значения результатов измерений** (англ. experimental (sample) standard deviation) – характеристика S_x рассеяния среднего арифметического значения результатов равноточных измерений одной и той же величины, вычисляемая по формуле:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/9/

- **Доверительные границы погрешности результата измерений** – наибольшее и наименьшее значения погрешности измерений, ограничивающие интервал, внутри которого с заданной вероятностью находится искомое (истинное) значение погрешности результата измерений.
- **Поправка** (англ. correction) – значение величины, вводимое в неисправленный результат измерения с целью исключения составляющих систематической погрешности.
Примечание. Знак поправки противоположен знаку погрешности. Поправку, прибавляемую к номинальному значению меры, называют поправкой к значению меры; поправку, вводимую в показание измерительного прибора, называют поправкой к показанию прибора.
- **Поправочный множитель** (англ. correction factor) – числовой коэффициент, на который умножают неисправленный результат измерения с целью исключения влияния систематической погрешности.
Примечание. Поправочный множитель используют в случаях, когда систематическая погрешность пропорциональна значению величины.
- **Точность результата измерений** (англ. accuracy of measurement) – одна из характеристик качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения.
Примечание. Считают, что чем меньше погрешность измерения, тем больше его точность.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/10/

- **Неопределенность измерений** (англ. uncertainty of measurement) – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые можно приписать измеряемой величине.
- **Погрешность метода поверки** – погрешность применяемого метода передачи размера единицы при поверке.
- **Погрешность градуировки средства измерений** – погрешность действительного значения величины, приписанного той или иной отметке шкалы средства измерений в результате градуировки.
- **Погрешность воспроизведения единицы физической величины** – погрешность результата измерений, выполняемых при воспроизведении единицы физической величины.
Примечание. Погрешность воспроизведения единицы при помощи государственных эталонов обычно указывают в виде ее составляющих: неисключенной систематической погрешности; случайной погрешности; нестабильности за год.
- **Погрешность передачи размера единицы физической величины** – погрешность результата измерений, выполняемых при передаче размера единицы.
Примечание. В погрешность передачи размера единицы входят как неисключенные систематические, так и случайные погрешности метода и средств измерений.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/11/

- **Статическая погрешность измерений** – погрешность результата измерений, свойственная условиям статического измерения.
- **Динамическая погрешность измерений** – погрешность результата измерений, свойственная условиям динамического измерения.
- **Промех** – погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда.
Примечание. Иногда вместо термина промех применяют термин грубая погрешность измерений.
- **Предельная погрешность измерения в ряду измерений** – максимальная погрешность измерения (плюс, минус), допускаемая для данной измерительной задачи.
- **Погрешность результата однократного измерения** – погрешность одного измерения (не входящего в ряд измерений), оцениваемая на основании известных погрешностей средства и метода измерений в данных условиях (измерений).

Пример. При однократном измерении микрометром какого-либо размера детали получено значение величины, равное 12,55 мм. При этом еще до измерения известно, что погрешность микрометра в данном диапазоне составляет $\pm 0,01$ мм, и погрешность метода (непосредственной оценки) в данном случае принята равной нулю. Следовательно, погрешность полученного результата будет равна $\pm 0,01$ мм в данных условиях измерений.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

/12/

- Суммарное среднее квадратическое отклонение среднего арифметического значения результатов измерений – характеристика S_{Σ} рассеяния среднего арифметического результатов измерений, обусловленная влиянием случайных и неисключенных систематических погрешностей и вычисляем по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\bar{x}}^2 + S_{\theta}^2}, \quad S_{\theta} = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_i \theta_i^2}$$

- где: - СКО неисключенных систематических погрешностей при равномерном распределении каждой из них.

ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

/1/

- **Погрешность средства измерений** (англ. error (of indication) of a measuring instrument) – разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.
- **Систематическая погрешность средства измерений** (англ. bias error of a measuring instrument) – составляющая погрешности средства измерений, принимаемая за постоянную или закономерную изменяющуюся.
Примечание. Систематическая погрешность данного средства измерений, как правило, будет отличаться от систематической погрешности другого экземпляра средства измерений этого же типа, вследствие чего для группы однотипных средств измерений систематическая погрешность может иногда рассматриваться как случайная погрешность.
- **Случайная погрешность средства измерений** (англ. repeatability error of a measuring instrument) – составляющая погрешности средства измерений, изменяющаяся случайным образом.
- **Абсолютная погрешность средства измерений** – погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины.
- **Относительная погрешность средства измерений** – погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к результату измерений или к действительному

ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

/2/

- **Приведенная погрешность средства измерений** (англ. reduced error of a measuring instrument) – относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона.
Примечания:
 - Условно принятое значение величины называют нормирующим значением. Часто за нормирующее значение принимают верхний предел измерений.
 - Приведенную погрешность обычно выражают в процентах.
- **Основная погрешность средства измерений** (англ. intrinsic error of a measuring instrument) – погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях.
- **Дополнительная погрешность средства измерений** (англ. complementary error of a measuring instrument) – составляющая погрешности средства измерений, 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.

ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

/3/

- **Статическая погрешность средства измерений** – погрешность средства измерений, применяемого при измерении физической величины, принимаемой за неизменную.
- **Динамическая погрешность средства измерений** – погрешность средства измерений, возникающая при измерении изменяющейся (в процессе измерений) физической величины.
- **Погрешность меры** – разность между номинальным значением меры и действительным значением воспроизводимой ею величины.
- **Стабильность средства измерений** (англ. stability) – качественная характеристика средства измерений, отражающая неизменность во времени его метрологических характеристик.
Примечание. В качестве количественной оценки стабильности служит нестабильность средства измерений.
- **Нестабильность средства измерений** – изменение метрологических характеристик средства измерений за установленный интервал времени.
Примечания:
 - Для ряда средств измерений, особенно некоторых мер, нестабильность является одной из важнейших точностных характеристик. Для нормальных элементов обычно нестабильность устанавливается за год.
 - Нестабильность определяют на основании длительных исследований средства измерений, при этом полезны периодические сличения с более стабильными средствами измерений.

ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

/4/

- **Точность средства измерений** (англ. accuracy of a measuring instrument) – характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю.
Примечание. Считается, что чем меньше погрешность, тем точнее средство измерений.
- **Класс точности средств измерений** (англ. accuracy class) – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.
Примечания:
 - Класс точности дает возможность судить о том, в каких пределах находится погрешность средства измерений одного типа, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью каждого из этих средств. Это важно при выборе средств измерений в зависимости от заданной точности измерений.
 - Класс точности средств измерений конкретного типа устанавливают в стандартах технических требований (условий) или в других нормативных документах.

ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

/5/

- **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.
Примечания:
 - При превышении установленного предела погрешности средство измерений признается негодным для применения (в данном классе точности).
 - Обычно устанавливают пределы допускаемой погрешности, то есть границы зоны, за которую не должна выходить погрешность.
 - **Пример.** Для 100-миллиметровой концевой меры длины 1-го класса точности пределы допускаемой погрешности ± 50 мкм.
 - **Нормируемые метрологические характеристики типа средства измерений** – совокупность метрологических характеристик данного типа средств измерений, устанавливаемая нормативными документами на средства измерений.
 - **Точностные характеристики средства измерений** – совокупность метрологических характеристик средства измерений, влияющих на погрешность измерения.
Примечание. К точностным характеристикам относят погрешность средства измерений, нестабильность, порог чувствительности, дрейф нуля и др.

УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ /1/

- **Нормальные условия измерений** (англ. reference conditions) – условия измерения, характеризующие совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости.
Примечание. Нормальные условия измерений устанавливаются в нормативных документах на средства измерений конкретного типа или по их поверке (калибровке).
- **Нормальное значение влияющей величины** (англ. reference value) – значение влияющей величины, установленное в качестве номинального.
Примечание. При измерении многих величин нормируется нормальное значение температуры 20 °C или 293 K, а в других случаях нормируется 296 K (23 °C). На нормальное значение, к которому приводятся результаты многих измерений, выполненные в разных условиях, обычно рассчитана основная погрешность средств измерений.
- **Нормальная область значений влияющей величины** (англ. reference range of (for) influence quantity) – область значений влияющей величины, в пределах которой изменением результата измерений под ее воздействием можно пренебречь в соответствии с установленными нормами точности.
Пример. Нормальная область значений температуры при поверке нормальных элементов класса точности 0,005 в термостате не должна изменяться более чем на $\pm 0,05$ °C от установленной температуры 20 °C, т.е. быть в диапазоне от 19,95 до 20,05 °C.

УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ /2/

- **Рабочая область значений влияющей величины** – область значений влияющей величины, в пределах которой нормируют дополнительную погрешность или изменение показаний средства измерений.
- **Рабочие условия измерений** – условия измерений, при которых значения влияющих величин находятся в пределах рабочих областей.

Примеры:

- Для измерительного конденсатора нормируют дополнительную погрешность на отклонение температуры окружающего воздуха от нормальной.
- Для амперметра нормируют изменение показаний, вызванное отклонением частоты переменного тока от 50 Гц (50 Гц в данном случае принимают за нормальное значение частоты).
- **Рабочее пространство** – часть пространства (окружающего средство измерений и объект измерений), в котором нормальная область значений влияющих величин находится в установленных пределах.
- **Предельные условия измерений** (англ. limiting conditions) – условия измерений, характеризующиеся экстремальными