

РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. ЭТАЛОНЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

Лекция 1. Средства измерений и контроля.

Средства измерений являются неотъемлемой частью процесса контроля за обстановкой при производственных процессах. В связи с этим применяются различные средства измерений различных параметров.

Средство измерений - техническое средство (или их комплекс), предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным в пределах установленной погрешности и в течение известного интервала времени.

Данное определение раскрывает метрологическую сущность средства измерений, заключающуюся, **во-первых**, в умении хранить (или воспроизводить) единицу физической величины и, **во-вторых**, в неизменности размера хранимой единицы во времени.

Первое обуславливает возможность выполнения измерения, суть которого состоит в сравнении измеряемой величины с ее единицей. Второе принципиально необходимо, поскольку при изменении размера хранимой единицы физической величины с помощью данного средства измерения нельзя получить результат требуемой точности.

В отличие от таких технических средств, как индикаторы, предназначенных для обнаружения физических свойств (компас, лакмусовая бумага, осветительная электрическая лампочка), средства измерений позволяют не только обнаружить физическую величину, но и измерить её, т.е. сопоставить неизвестный размер с известным.

Средство измерения является обобщенным понятием, объединяющим разнообразные конструктивно законченные технические средства, которые реализуют одну из двух функций:

- воспроизводят величину заданного (известного) размера, например, гиря – заданную массу, концевая мера – заданный размер, магазин сопротивлений – ряд дискретных значений сопротивления;
- вырабатывают сигнал (показание), несущий информацию о значении измеряемой величины.

Показания средства измерения либо непосредственно воспринимаются органами чувств человека (например, показания стрелочного или цифрового приборов), либо они недоступны восприятию человеком и используются для преобразования другими средствами измерений. Поэтому средства измерений должны содержать устройства, которые выполняют эти элементарные операции. Такие устройства называются элементарными средствами измерений. В их число входят меры, измерительные преобразователи и средства сравнения (компараторы).

Таким образом, отличительными признаками средств измерений являются:

- во-первых, «умение» хранить (или воспроизводить) единицу физической величины;

- во-вторых, неизменность размера хранимой единицы.

Если же размер единицы в процессе измерений изменяется более чем установлено нормами, то с помощью такого средства невозможно получить результат с требуемой точностью. Отсюда следует, что измерять можно только тогда, когда техническое средство, предназначенное для этой цели, может хранить единицу, достаточно неизменную по размеру (во времени).

Средство контроля – техническое устройство, предназначенное для определения годности изделия в пределах заданных размеров без определения действительных размеров изделия.

К средствам контроля относятся:

- шаблоны;

- калибры гладкие, резьбовые, калибры для проверки формы и расположения поверхности;

- контркалибры;

- специальные калибры;

- щупы и т.п.

Разница между СИ и СК состоит в том, что в первом случае вы оцениваете измеряемую величину с определенной точностью (класс точности СИ), т.е. оцениваете количественно, во втором случае оцениваете величину качественно, в большом поле допуска (что-то типа индикатора).

Средства измерения, используемые в различных областях науки и техники, чрезвычайно многообразны, но из этого множества можно выделить некоторые общие признаки, присущие всем средствам измерений независимо от области их применения. Эти признаки положены в основу различных классификаций средств измерений, которые будут рассмотрены ниже.

Существуют метрологические характеристики СИ и СК, влияющие на результат измерения. Рассмотрим наиболее встречающиеся метрологические характеристики СИ и СК.

Цена деления шкалы прибора – это разность величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Она всегда указывается на шкале прибора.

Длина деления шкалы прибора – это фактическое расстояние между осями (центрами) соседних отметок шкалы прибора.

Начальное и конечное значение шкалы – наименьшее и наибольшее значение измеряемой величины, которые могут быть отсчитаны по шкале данного средства измерения.

Диапазон показаний СИ – это область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы. Существуют средства измерения, начальное значение которых не равно нулю (например, микрометрический нутромер).

Измерительное усилие – это усилие, возникающее в зоне контакта измерительного наконечника прибора с измеряемой поверхностью.

Перепад измерительного усилия – разность измерительного усилия при двух положениях указателя в пределах диапазона показаний.

Чувствительность – это способность СИ реагировать на изменения измеряемой величины. Определяется как отношение изменения выходного сигнала СИ к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Порог чувствительности СИ – то наименьшее значение изменения физической величины, с которого возможно начать измерение этой величины данным СИ.

Вариация показаний измерительного прибора – это разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона показаний при плавном переходе к этой точке показывающего элемента (стрелки) со стороны больших и маленьких значений измеряемой величины.

Лекция 2. Классификация средств измерений

По роли, выполняемой в системе обеспечения единства измерений, средства измерений делятся на:

- метрологические, предназначенные для метрологических целей – воспроизведения единицы и (или) хранения или передачи размера единицы;
- рабочие, предназначенные для измерений, не связанных с передачей размера единиц.

Средства измерений можно классифицировать:

- по конструктивному исполнению
- по метрологическому назначению
- по стандартизации
- по степени автоматизации

1. По конструктивному исполнению средства измерений подразделяются:

- на меры;
- измерительные приборы;
- измерительные преобразователи;
- измерительная установка;
- измерительные системы (комплексы).

Мера – 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. Мера выступает в качестве носителя единицы физической величины и служит основой для измерений. Примеры мер: нормальный элемент – мера Э.Д.С. с номинальным напряжением 1В; кварцевый резонатор – мера частоты электрических колебаний.

Различают меры: однозначные (гиря 1 кг, калибр, конденсатор постоянной ёмкости); многозначные (масштабная линейка, конденсатор переменной ёмкости); наборы мер (набор гирь, набор калибров).

Набор мер, конструктивно объединённых в единое устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях, называется магазином мер. Примером такого набора может быть магазин электрических сопротивлений, магазин индуктивностей.

Сравнение с мерой выполняется с помощью специальных технических средств – компараторов (рычажные весы, измерительный мост и т.д.).

К однозначным мерам можно отнести стандартные образцы (СО). Существуют стандартные образцы состава и стандартные образцы свойств. Стандартный образец свойств или состава вещества (материала) – стандартный образец с установленными значениями величин, характеризующих свойства или состав веществ и материалов.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне (или для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия человеком (оператором)).

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.

Различают следующие виды измерительных приборов:

1. аналоговые (выходной сигнал является непрерывной функцией измеряемой величины) и цифровые (выходной сигнал представлен в цифровом виде),
2. показывающие (допускают только отсчитывание показаний) и регистрирующие (предусмотрена регистрация результатов измерений),
3. суммирующие (показания функционально связаны с суммой двух или нескольких величин) и интегрирующие (значение измеряемой величины определяется путем ее интегрирования по другой величине).

Например, микрометр и цифровой вольтметр относятся к показывающим измерительным приборам, барограф — к регистрирующим.

Различают также измерительные приборы **прямого действия и сравнения**.

В измерительном приборе *прямого действия* результат измерений снимается непосредственно с его устройства индикации. Примерами таких приборов являются амперметр, манометр, ртутно-стеклянный термометр. Измерительные приборы прямого действия предназначены для измерений методом непосредственной оценки.

В отличие от них, измерения методом сравнения с мерой проводится с помощью измерительных приборов сравнения, называемых также **компараторами**.

Измерительный прибор *сравнения* — измерительный прибор, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно. Примерами компараторов являются: двухчашечные весы, интерференционный компаратор мер длины, мост электрического сопротивления, электроизмерительный потенциометр, фотометрическая скамья с фотометром. Компараторы для выполнения своих функций могут не хранить единицу. Такие компараторы, строго говоря, нельзя считать средствами измерений. Тем не менее, они должны обладать рядом

важных метрологических свойств, прежде всего, обеспечивать небольшую случайную погрешность и высокую чувствительность измерений.

Измерительный преобразователь – 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. Принцип его действия основан на различных физических явлениях.

По характеру преобразования различают аналоговые, аналого-цифровые преобразователи (АЦП), преобразующие непрерывную величину в числовой эквивалент, цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), выполняющие обратное преобразование.

По месту в измерительной цепи преобразователи разделяют на первичный (сенсор, чувствительный элемент), на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина; промежуточный, включённый в измерительную цепь после первичного; преобразователи, предназначенные для масштабного преобразования, т.е. для изменения значения величины в некоторое число раз; передающие и др.

К измерительным преобразователям можно отнести преобразователи переменного напряжения в постоянное, измерительные трансформаторы напряжения и тока, делители тока, напряжения, усилители, компараторы, термопары и др. Измерительные преобразователи входят в состав какого-либо измерительного прибора, измерительной установки, измерительной системы или применяются вместе с каким-либо средством измерений.

Часто используют термин первичный измерительный преобразователь или датчик. Электрический датчик – это один или несколько измерительных преобразователей, объединённых в единую конструкцию и служащих для преобразования измеряемой неэлектрической величины в электрическую. Например: датчик давления, датчик температуры, датчик скорости и т. д.

Измерительная установка – совокупность функционально объединённых мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте, например, установка для измерения характеристик транзистора, установка для измерения мощности в трёхфазных цепях и др. Измерительная установка может включать в себя меры, измерительные приборы и преобразователей, а также различные вспомогательные устройства.

Измерительно-информационная система - совокупность функционально объединённых мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещённых 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:

1. Измерительная система теплоэлектростанции, позволяющая получать измерительную информацию о ряде физических величин в разных энергоблоках. Она может содержать сотни измерительных каналов.

2. Радионавигационная система для определения местоположения различных объектов, состоящая из ряда измерительно-вычислительных комплексов, разнесённых в пространстве на значительное расстояние друг от друга.

2. По метрологическому назначению средства измерений подразделяются на:

- рабочие средства измерений, предназначенные для измерений физических величин, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений. РСИ являются самыми многочисленными и широко применяемыми. Примеры РСИ: электросчетчик - для измерения электрической энергии; теодолит – для измерения плоских углов; нутромер – для измерения малых длин (диаметров отверстий); термометр – для измерения температуры; измерительная система теплоэлектростанции, получающая измерительную информацию о ряде физических величин в разных энергоблоках;

- образцовые средства измерений, предназначенные для обеспечения единства измерений в стране.

3. По стандартизации средства измерений подразделяются на:

- стандартизованные средства измерений, изготовленные в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта.

- нестандартизованные средства измерений – уникальные средства измерений, предназначенные для специальной измерительной задачи, в стандартизации требований к которому нет необходимости. Нестандартизованные средства измерений не подвергаются государственным испытаниям (поверкам), а подлежат метрологическим аттестациям.

4. По степени автоматизации средства измерений подразделяются на:

- автоматические средства измерений, производящие в автоматическом режиме все операции, связанные с обработкой результатов измерений, их регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала;

- автоматизированные средства измерений, производящие в автоматическом режиме одну или часть измерительных операций;

- неавтоматические средства измерений, не имеющие устройств для автоматического выполнения измерений и обработки их результатов (рулетка, теодолит и т. д.).

Область применения отдельных приборов ограничена, это зависит от различных факторов. В первую очередь влияют условия, в которых

производятся измерения. В этом случае средства измерений могут различаться по виду исполнения.

По условиям применения рабочие средства измерения могут быть:

- лабораторными, используемыми при научных исследованиях, проектировании технических устройств, медицинских измерениях;
- производственными, используемыми для контроля характеристик технологических процессов, контроля качества готовой продукции, контроля отпуска товаров;
- полевыми, используемыми непосредственно при эксплуатации таких технических устройств, как самолеты, автомобили, речные и морские суда и др.

К каждому виду рабочих СИ предъявляются специфические требования:

- к лабораторным – повышенная точность и чувствительность;
- к производственным – повышенная стойкость к ударно-вибрационным нагрузкам, высоким и низким температурам;
- к полевым – повышенная стабильность в условиях резкого перепада температур, высокой влажности.

Также измерительные приборы имеют различные габариты и соответственно различную массу.

Приборы контроля бывают непрерывного и эпизодического действия. Так же приборы делятся по источнику питания: стационарные, автономные и без питания.

Определенные виды измерений предполагает использование средств измерений имеющие определённый класс опасности.

Приборы имеют класс точности. Чем выше класс прибора, тем меньшее изменение параметра он регистрирует.

Лекция 3. Виды измерений

Виды измерений обычно классифицируются по следующим признакам:

1. По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения разделяются на:

- статические, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени;
- динамические, в процессе которых измеряемая величина изменяется и является непостоянной во времени.

Статическими измерениями являются, например, измерения размеров тела, постоянного давления, электрических величин в цепях с установившемся режимом, динамическими - измерения пульсирующих давлений, вибраций, электрических величин в условиях протекания переходного процесса.

2. По характеристике точности:

- равноточные (равнорассеянные);
- неравноточные (неравнорассеянные).

Равноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности СИ и в одних и тех же условиях.

Неравноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных несколькими различными по точности СИ и (или) в разных условиях.

3. По числу измерений:

- однократные;
- многократные.

Однократное измерение – измерение, выполненное один раз.

Многократные измерения – измерения одного и того же размера ФВ, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом наблюдений, т.е. состоящих из ряда однократных измерений.

4. По метрологическому назначению:

- метрологические;
- технические.

5. По выражению результата измерений:

- абсолютные;
- относительные.

Абсолютные (используют прямое измерение одной основной величины и физической константы).

Относительные – базируются на установлении отношения измеряемой величины, применяемой в качестве единицы. Такая измеряемая величина зависит от используемой единицы измерения

6. По способу получения результатов измерений;

- прямые;
- косвенные;
- совокупные;
- совместные.

Прямые - измерение ФВ, проводимое прямым методом, при котором искомое значение ФВ получают непосредственно из опытных данных. Прямое измерение производится путём экспериментального сравнения измеряемой ФВ с мерой этой величины или путём отсчёта показаний СИ по шкале или цифровому прибору. (Например, измерения длины, высоты с помощью линейки, напряжения – с помощью вольтметра, массы – с помощью весов.)

Косвенные - измерение, проводимое косвенным методом, при котором искомое значение ФВ находят на основании результата прямого измерения другой ФВ, функционально связанной с искомой величиной известной зависимостью между этой ФВ и величиной, получаемой прямым измерением.

Примеры косвенных измерений:

- определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров;
- нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения;

– определение значения активного сопротивления R резистора на основе прямых измерений силы тока I через резистор и падения напряжения U на нём по формуле $R = U/I$;

– определение плотности ρ тела цилиндрической формы на основе прямых измерений его массы m , диаметра d и высоты h цилиндра по формуле $\rho = 4m/\pi d^2 h$ и т.п.

Отметим, что измерения, в которых искомая величина определяется на основе прямых измерений основных физических величин системы и при использовании физических констант, называются абсолютными.

Косвенные измерения сложнее прямых, однако, они широко применяются в практике либо потому, что прямые измерения практически невыполнимы, либо потому, что косвенное измерение позволяет получить более точный результат по сравнению с прямым измерением.

Косвенные измерения широко распространены в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить непосредственно или когда прямое измерение дает менее точный результат. Роль их особенно велика при измерении величин, недоступных непосредственному экспериментальному сравнению, например размеров астрономического или внутриатомного порядка.

Совокупные - это производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомую величину определяют решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.

Примером совокупных измерений является определение массы отдельных гирь набора (калибровка по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь).

Совместные - это производимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для нахождения зависимостей между ними. В качестве примера можно назвать измерение электрического сопротивления при 200С и температурных коэффициентов измерительного резистора по данным прямых измерений его сопротивления при различных температурах.

Числовые значения искомых величин при совокупных и совместных измерениях определяются из системы уравнений, связывающих значения искомых величин со значениями величин, измеренных прямым (или косвенным) способом.

Чтобы определить числовые значения искомых величин, необходимо получить, по крайней мере, столько уравнений, сколько имеется этих величин. Хотя в общем случае число прямых измерений может быть и больше минимально необходимого.

Лекция 4. Понятие «эталон»

Одной из главных задач метрологии является обеспечение единства измерений. Решение этой задачи невозможно без создания эталонной базы

измерений. Попытки решения задачи обеспечения единства измерений привели более двухсот лет назад во Франции к идее создания метрической системы, а затем – к подписанию рядом стран метрической конвенции в 1875 году. Именно с тех пор в метрологическую практику вошло слово «эталон».

Единство измерений достигается точным воспроизведением, хранением установленных единиц ФВ и передач их размеров всем рабочим средствам измерений (РСИ) с помощью эталонов и образцовых средств измерений. Высшим звеном в метрологической цепи передачи размеров единиц измерений являются *эталон*ы.

Слово "эталон" — французского происхождения (etalon); в буквальном смысле означает образец, мерило, идеальный или узаконенный образец чего-либо. В словаре синонимов русского языка оно стоит в одном ряду с такими словами, как образец, пример, образчик. В этом широком значении слово "эталон" и производные от него слова находят употребление в самых различных областях практической деятельности.

В Законе РК «Об обеспечении единства измерений» дано следующее определение эталона: «эталон единицы величины – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы величины (кратных либо дольных значений единицы величины) в целях передачи ее размера другим средствам измерений данной величины, утвержденное в порядке, установленном уполномоченным органом». В этом определении не учитывается, что эталоны воспроизводят и хранят не только единицы, но и шкалы измерений. К тому же немногие современные государственные эталоны воспроизводят номинальное, кратное или дольное значение единицы измеряемой величины. Так, например, государственный эталон единицы электрического сопротивления воспроизводит 12906,4035 Ом; 6453,20175 Ом и 1,0 Ом. Цезиевый репер частоты воспроизводит интервал времени (период колебаний), равный $1/9122631770$ части секунды. Для многих эталонов указывают не значения единиц, а диапазоны.

В реальности эталон может воспроизводить любое значение величины (любую точку или часть шкала), лишь бы эти значения были известны с требуемой точностью и стабильно воспроизводились. В определении эталона отсутствует также указание на то, что эталон должен воспроизводить единицу или шкалу с наивысшей при данном уровне науки и техники точностью. Точность государственного эталона должна быть достаточной для поверки (калибровки) основного парка эксплуатируемых в стране средств измерений. Наряду с государственными эталонами существуют уникальные независимо аттестуемые средства измерений, обеспечивающие проведение научных экспериментов, более точные, чем государственные эталоны производных единиц.

Наиболее удачным определением эталона следует признать выдвинутое рядом метрологов следующее понятие: «Эталон (шкалы или единицы измерений) – устройство, предназначенное и утвержденное для воспроизведения и (или) хранения и передачи шкалы или размера единицы измерений средствам измерений».

В этом определении подчеркивается, что эталон обязан передавать размер единицы или шкалу, а не значение величины, равное принятой единице.

В приведенном выше определении понятие "эталон единицы" является собирательным, так как на его основе образован целый ряд укоренившихся в отечественной литературе производных понятий-терминов, таких как "государственный эталон единицы", "первичный эталон", "специальный эталон", "вторичный эталон", "эталон-копия", "эталон сравнения", "эталон-свидетель" и "рабочий эталон".

Чтобы разобраться в этом многообразии эталонов, следует рассмотреть, как практически строятся и реализуются системы обеспечения единства измерений отдельных физических величин. Очевидно, что достижению этой цели, прежде всего, будет способствовать применение одинаковых с точки зрения их определения единиц. В этом отношении очень важным этапом в решении обеспечения единства измерений явилась разработка международной системы единиц физических величин— СИ.

Однако "словесной" одинаковости единиц какой-либо физической величины (одинаковости их определения и наименования) еще недостаточно. Для обеспечения единства измерений этой физической величины важно, чтобы единицы были одинаковы в их вещественном выражении в тех образцах (эталонах), с которыми сравнивается измеряемая физическая величина. В то же время, очевидно, что любой такой образец создается специально, и никакие два подобных образца не могут быть сделаны абсолютно одинаковыми: реальные размеры единицы в образцах обязательно будут в той или иной мере отличаться друг от друга. Отсюда следует, что среди таких образцов следует выбрать и узаконить какой-либо один, наилучшим образом соответствующий определению единицы, в качестве самого "образцового образца" (исходного эталона единицы), относительно которого затем определять и контролировать размер единицы для всех остальных образцов.

При наличии большого парка рабочих средств измерений различной точности возникает необходимость в создании системы образцов разной степени точности для данной измеряемой физической величины, и тем самым — к иерархической соподчиненности образцов единицы в такой системе. Именно по такому иерархическому принципу разрабатываются в нашей стране так называемые поверочные схемы для средств измерений отдельных физических величин. Эти поверочные схемы являются нормативными документами (как правило, в виде ГОСТ), устанавливающими номенклатуру и соподчиненность средств измерений данной физической величины, обеспечивающих рациональную систему передачи размера единицы от единого исходного образца всем имеющимся в стране средствам измерений данной физической величины.

Создание, хранение и применение эталонов, контроль за их состоянием подчиняются единым правилам, установленным в государственном стандарте СТ РК 2.431-2019 «Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Порядок создания, утверждения, регистрации,

сличений, калибровки, хранения, применения, исследования, совершенствования (модернизации) государственных эталонов единиц величин, эталонов единиц величин и передачи размера единиц величин от государственных эталонов единиц величин»

Эталоны служат материально-технической базой обеспечения единства измерений в стране. Соответственно техническую основу государственной системы обеспечения единства измерений в Республике Казахстан образуют государственные эталоны единиц величин, создание и содержание которых осуществляется государством.

Государственные эталоны единиц величин предназначены для воспроизведения и (или) хранения единиц величин (кратных либо дольных значений единиц величин) и используются в качестве исходных с целью передачи их размеров другим средствам измерений данных величин на территории Республики Казахстан. Эталоны единиц величин применяются государственной метрологической службой, метрологическими службами органов государственного управления и юридических лиц.

Государственными эталонами были охвачены все основные (метр, кг, секунда, ампер, кельвин, моль, кандела) и большинство производных единиц СИ, а также некоторые дополнительные и внесистемные единицы.

Лекция 5. Эталонная база Республики Казахстан

Эталонная база РК является центральным элементом системы метрологического обеспечения экономики. Уровень развития эталонной базы, в конечном итоге, определяет уровень технических измерений и уровень развития экономики страны в целом, т.к. именно государственные эталоны создают объективную предпосылку для получения достоверной и точной измерительной информации для сопоставимости результатов измерений и решения главной задачи метрологии – обеспечения единства измерений. В наши дни это становится крайне необходимым, т.к. происходящие в стране экономические преобразования, интеграция национальной экономики в мировое экономическое сообщество, членство в Таможенном союзе требует дальнейшего повышения точности и достоверности измерений.

Учитывая всю важность поставленных задач, Правительство ежегодно утверждает государственные Программы создания и совершенствования эталонной базы РК с учетом предложений, поданных институтом метрологии. Институт, в свою очередь, постоянно проводит анализ имеющейся эталонной базы, анализ эталонной базы ведущих стран мира, и анализ метрологического обеспечения имеющихся и ввозимых средств измерений в Республике. Для законного применения вновь ввозимых средств измерений на институт возложена функция проведения испытаний для целей утверждения типа, метрологической аттестации и внесение в реестр ГСИ средств измерений, прошедших одну из вышеуказанных процедур.

В процессе создания и развития эталонной базы расширяется международное сотрудничество. В мае 2004 г. Правительством РК было

подписано постановление о присоединении Казахстана к Метрической Конвенции. Сегодня Казахстан является участником пяти международных и региональных организаций. Для подтверждения измерительных и калибровочных возможностей государственных эталонов институт принимает участие в их международных сличениях. Участие в данных организациях позволяет республике вносить свой вклад в развитие всемирной метрологии, представлять интересы республики в решении ряда метрологических проблем.

Основная цель проведения этих работ – создать основы взаимного доверия и признания результатов измерений и испытаний, чтобы единожды сделанные измерения или испытания в любой стране, при определенных условиях, не требовали повторения в других странах, создать условия развития глобальной системы измерений. Это веление времени, действительность, которую нельзя не учитывать. Ведь достоверная, полученная с требуемой точностью измерительная информация обеспечивает правильность принимаемых решений. Недостоверная информация может привести к снижению качества продукции, авариям, неверным выводам при научных исследованиях, неверным оценкам запасов полезных ископаемых, обвесу и обсчету при торгово-коммерческих операциях и другим нежелательным последствиям. Таким образом, становится ясна жизненно важная роль измерений и метрологии в целом.

Эталонная база Казахстана является центральным, важнейшим элементом системы метрологического обеспечения экономики страны, под которой подразумевают совокупность эталонов, функционирующих в различных областях измерений.

На сегодня эталонная база республики состоит из 101 единицы эталонов и эталонного оборудования. Имеющаяся эталонная база охватывает 13 видов измерений из 17 существующих.

Из 101 единицы: 58 единиц - государственные эталоны, 22 единиц - рабочие эталоны, 21 единица - эталонное оборудование.

В Эталонном центре Астаны размещены эталоны времени и частоты с цезиевым стандартом этих величин, эталоны абсолютного давления, массы, длины, удельной электрической проводимости, индуктивности, гигрометр относительной влажности, установка высшей точности для воспроизведения единицы влажности зерна и зернопродуктов, первичный эталон шкалы рН и другие.

Единицей длины был выбран 1 метр (от греческого слова «метрон» – мера) – одна сорокамиллионная часть земного меридиана, проходящего через Париж. Ученые изготовили эталон (образец) метра в виде линейки из платины.

Международная комиссия по метру в 1872 году постановила принять за эталон длины «архивный» метр, хранящийся в Париже, «такой, каков он есть». Но постоянно ездить в Париж сверяться с эталонным метром неудобно. Поэтому с 1983 года метр равен расстоянию, которое проходит в вакууме свет за $1/299792458$ доли секунды.

В настоящее время эталонная база России имеет в своем составе 118 первичных государственных эталонов и более 300 вторичных эталонов физических величин. Из них 52 находятся во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии им. Д.И. Менделеева (ВНИИМ, Санкт-Петербург), в том числе эталоны метра, килограмма, ампера, кельвина и радиана; 25 – во Всероссийском научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ, Москва), в том числе эталоны единиц времени и частоты; 13 – во Всероссийском научно-исследовательском институте оптико-физических измерений, в том числе эталон канделы; 5 и 6 – соответственно в Уральском и Сибирском научно-исследовательских институтах метрологии.

Имеющаяся эталонная база служит развитию всех отраслей экономики, в том числе таких стратегически важных как:

- обеспечение безопасности жизни и здоровья граждан
- диагностика и лечение заболеваний человека
- оборона страны
- контроль окружающей среды, загрязнения воды и почв, радиационный контроль
- топливно-энергетический комплекс
- машиностроение, приборостроение, металлургия и другие производственные отрасли
- пищевая промышленность
- сельское хозяйство
- безопасность движения транспорта
- торгово-коммерческие операции

Создание новых эталонов

За последние 2-3 года произошло не только количественное, но и качественное развитие и совершенствование эталонной базы республики.

В 2009 году были приобретены 3 эталона, которые являются эталонами нового поколения:

- Эталон единицы силы света, необходим для метрологического обеспечения в отраслях промышленности для калибровки и аттестации источников освещения, обеспечения безопасности при авиаперевозках, дорожного движения; в медицине, в сельском хозяйстве, в космической технике, в охране труда

- Эталон координат цвета и координат цветности, предназначенный для метрологического обеспечения колориметрических и спектрофотометрических измерений характеристик различных материалов в отраслях науки и техники

- Эталон электрического сопротивления на основе квантового эффекта Холла – для развития квантовой метрологии в республике, как наиболее стабильный и воспроизводящий единицу сопротивления с наивысшей точностью. Его эксплуатация обеспечит метрологическую независимость в

области измерения электрических величин, удовлетворит нужды предприятий в таких отраслях экономики, как приборостроение и машиностроение, а также создаст фундамент для научных исследований в данной области. (Квантовый эффект Холла, как и эффект Джозефсона, связан с использованием явления сверхпроводимости.)

Создание новых эталонов обеспечивает техническую и экономическую независимость страны и способствует выпуску конкурентоспособной продукции отечественными производителями.

Эталонная база РК одно из ценнейших национальных достояний страны!

Лекция 6. Классификация эталонов

Воспроизведение единиц в зависимости от технико-экономических требований производится двумя способами.

Первый способ – централизованный – с помощью единого для всей страны или группы стран государственного эталона. Централизовано воспроизводятся все основные единицы *SI* и большая часть производных.

Второй способ воспроизведения – децентрализованный — применим к производным единицам, размер которых не может передаваться прямым сравнением с эталоном и обеспечивать необходимую точность (например, единица площади – квадратный метр).

Эталоны единиц физических величин в соответствии с СТ РК 2.431-2019 имеют специальную классификацию в зависимости от метрологического назначения.

Эталоны по подчиненности подразделяют на первичные (исходные) и вторичные (подчиненные) и имеют следующую классификацию:

Первичные эталоны воспроизводят и хранят единицы и передают их размеры с наивысшей точностью, достижимой в данной области измерений. Первичные эталоны подразделяются на национальные (государственные), международные и специальные.

Национальный (госуд.) эталон — эталон, признанный официальным решением служить в качестве исходного для страны. Термин "национальный эталон" применяется тогда, когда хотят подчеркнуть соподчиненность государственного эталона международному.

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

Специальный эталон — эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и заменяющий для этих условий первичный эталон. Единица, воспроизводимая с помощью специального эталона, по размеру должна быть согласована с единицей, воспроизводимой с помощью соответствующего первичного эталона.

Специальный эталон отличается от первичного тем, что служит для воспроизведения единицы в условиях, в которых первичный эталон не может

использоваться и прямая передача размера единицы от первичного эталона с требуемой точностью технически неосуществима (например, на высоких и сверхвысоких частотах, в крайних участках диапазонов измерений, малые и большие энергии и т.д.). Первичные и специальные эталоны утверждают в качестве государственных эталонов. Ввиду особой важности государственных эталонов и для придания им силы закона на каждый государственный эталон утверждается ГОСТ.

Для обеспечения сохранности государственных эталонов создаются и утверждаются вторичные эталоны, значения которых устанавливаются по первичным эталонам.

Вторичный эталон — эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы. Вторичные эталоны подразделяются на эталоны-копии и эталоны сравнения. Термин "рабочий эталон" заменил используемый ранее термин "образцовое средство измерений".

Эталон-копия — вторичный эталон, предназначенный для передачи размеров единиц рабочим эталонам. Эталон-копия не всегда является физической копией государственного эталона, он копирует лишь метрологические свойства государственного эталона. Эталон-копия предназначен для передачи размера единицы рабочим эталонам. Благодаря этому первичный эталон разгружается от текущих работ по передаче размера единицы и повышается срок его службы.

Эталон сравнения — вторичный эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.

Наиболее распространенной категорией вторичных эталонов являются рабочие эталоны, предназначенные для поверки образцовых и наиболее точных рабочих СИ.

Рабочий эталон воспринимает размер единицы от вторичных эталонов и, в свою очередь, служит для передачи размера менее точному рабочему эталону (низшего разряда) или рабочим средствам измерений.

Разрядный эталон — эталон, обеспечивающий передачу размера единицы физической величины через цепочку соподчиненных по разрядам рабочих эталонов. При этом от последнего рабочего эталона в этой цепочке размер единицы передается рабочему средству измерения.

Принцип использования разрядов в метрологической цепочке передачи размера единицы показан на рисунке 2.1. Число разрядов для каждого вида средств измерений устанавливается государственной поверочной схемой.

В настоящее время стандартом установлен многоступенчатый порядок передачи размеров единицы физической величины от государственного эталона всем РСИ данной физической величины с помощью вторичных эталонов и ОСИ различных разрядов от наивысшего первого к низшим и от ОСИ к РСИ. Передача размера осуществляется различными методами поверки, по существу, известными методами измерений. Передача размера через каждую ступень сопровождается потерей точности, однако

многоступенчатость позволяет сохранять эталоны и передавать размер единицы всем РСИ. Образцовые средства измерений, как известно, используются для периодической передачи размеров единиц в процессе поверки СИ и эксплуатируются только в подразделениях метрологической службы. Определение разряда ОСИ производится в ходе их метрологической аттестации органом Государственного комитета по стандартам. В том же порядке особо точные СИ, изготовленные как рабочие, могут быть аттестованы на определенный срок как образцовые, а ОСИ, не прошедшие очередной метрологической аттестации, – как рабочие.

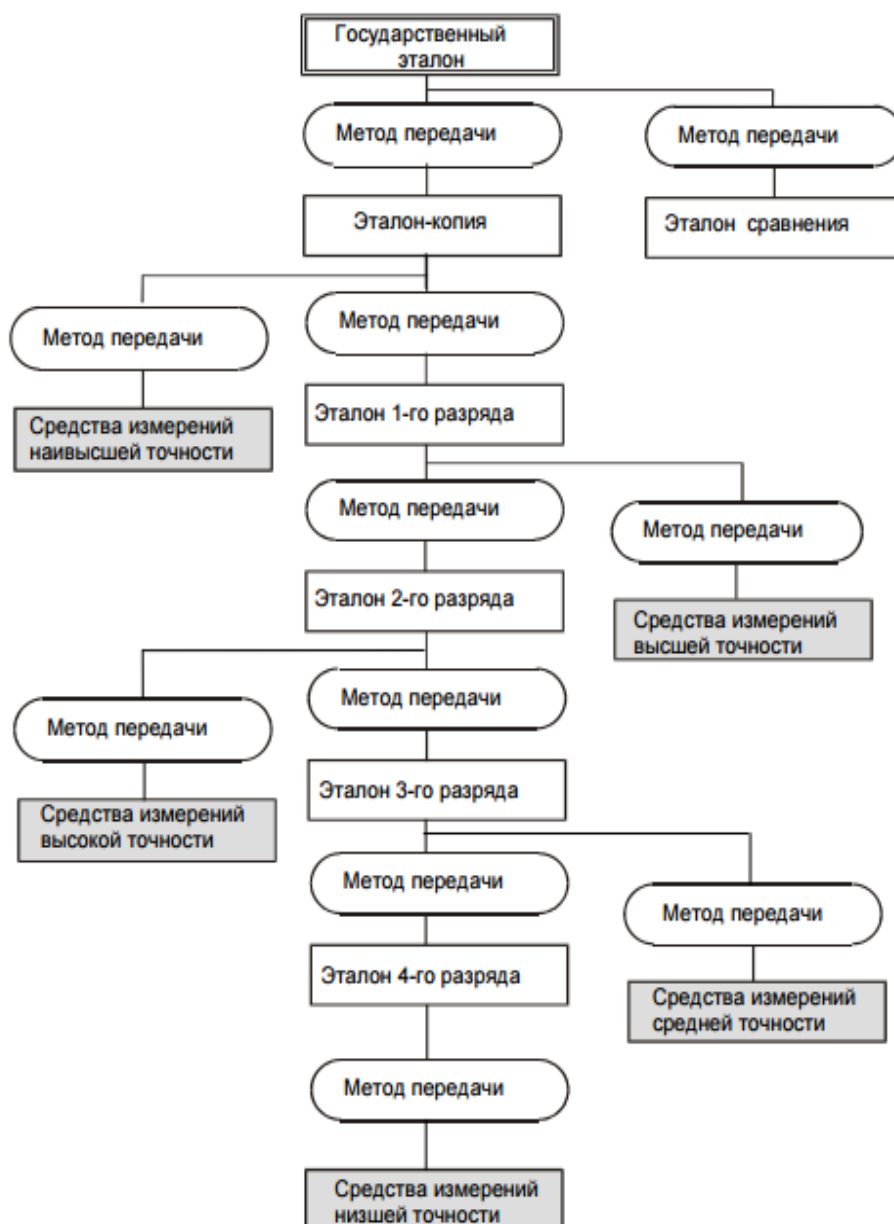


Рисунок 2.1. Структура передачи единицы физической величины рабочим средствам измерений различной точности

В зависимости от назначения и исполнения эталоны подразделяются следующим образом:

- ♦ одиночный эталон, в составе которого имеется одно средство измерений (мера, измерительный прибор, эталонная установка) для воспроизведения и хранения единицы;

- ♦ групповой 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; за результат измерений обычно принимается среднее арифметическое значение из результатов измерений однотипными средствами измерений или эталонными установками;

- ♦ эталонный набор, состоящий из совокупности средств измерений, позволяющих воспроизводить и хранить единицу в диапазоне, представляющем объединение диапазонов указанных средств; эталонные наборы создаются в тех случаях, когда необходимо охватить определенную область значений физической величины, например набор эталонных гирь;

- ♦ транспортируемый эталон, иногда специальной конструкции, предназначенный для его транспортировки к местам поверки или калибровки средств измерений или сличений эталонов данной единицы. Совокупность всех государственных и вторичных эталонов образует эталонную базу России — одно из ценнейших национальных достояний страны.

Государственные эталоны создает, утверждает, хранит и применяет Государственный комитет по стандартам, вторичные — министерства и ведомства.