**Раздел 5 Технические основы ОЕИ**

**§ 1 Система воспроизведения единиц величин. Эталоны единиц. Классификация эталонов**

Технической основой обеспечения единства измерений является система воспроизведения единиц физических величин и передачи информации об их размерах всем без исключения средствам измерений в стране. К точности воспроизведения единиц предъявляются высокие требования, удовлетворение которых составляет одно из важнейших направлений постоянных метрологических работ.

**Воспроизведение единицы (величины)** это совокупность операций по материализации единицы величины с помощью первичного эталона (РМГ 29-2013 п. 8.2).

Воспроизведение единиц величины возможно с помощью трех процедур.

Первая состоит в физической реализации единицы в соответствии с ее определением (воспроизведение в буквальном смысле).

Вторая процедура состоит в использовании высокостабильного эталона, основанного на физическом явлении, как, например, в случае использования стабилизированных по частоте лазеров при воспроизведении метра, эффекта Джозефсона для вольта, квантового эффекта Холла для ома.

Третья процедура состоит в принятии материальной меры в качестве эталона. Это имеет место, например, в случае эталона 1 кг.

Размеры единиц могут воспроизводиться там же, где выполняются измерения, либо информация о них должна передаваться с места их централизованного хранения или воспроизведения. В зависимости от этого различают **децентрализованное и централизованное воспроизведение единиц.**

Децентрализовано воспроизводятся единицы многих производных физических величин (при этом информация о размерах основных единиц передается с места централизованного хранения или воспроизведения).

Централизованное воспроизведение единиц осуществляется с помощью специальных технических средств, называемых эталонами.

**Эталон единицы величины** - техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины (РМГ 29 -2013 п. 8.1)/

Метрологические характеристики эталона аналогичны метрологическим характеристикам средств измерений (например, характеристики точности и стабильности).

Классификацию, назначение и общие требования к созданию, содержанию и применению эталонов устанавливает ГОСТ Р 8.885-2015.

Эталоны единиц величин подразделяют:

- по подчиненности на исходные и подчиненные,

- по уровням точности на первичные, вторичные, разрядные рабочие эталоны единиц величин, которые создают при необходимости

В качестве исходных на территории Российской Федерации применяют **государственные первичные эталоны единиц величин** (ГПЭ). Они имеют наивысшую в Российской Федерации точность.

ГПЭ, воспроизводящие и хранящие единицы величин в специфических условиях (высокие и сверхвысокие частоты, малые и большие энергии, давления, температуры, особые состояния вещества и т.п.) называют **государственными первичными специальными эталонами** единиц величин.

Первичные эталоны — это уникальные СИ, часто представляющие собой сложнейшие измерительные комплексы, созданные с учетом новейших достижений науки и техники. Они составляют основу государственной системы обеспечения единства измерений.

Государственные эталоны единиц величин являются федеральной собственностью, утверждаются Росстандартом и находятся в его ведении.

Содержание и применение государственных первичных эталонов единиц величин осуществляется государственными научными метрологическими институтами.

Таблица - Распределение количества эталонов по областям измерений и государственным научным метрологическим институтам (ГНМИ) по состоянию на 15.04.2020

|  |  |
| --- | --- |
| Количествоэталонов | **Метрологическая область** |
| Акустика, Ультразвук и Вибрация | Электричество и магнетизм | Длина и угол | Масса, сила, давление и вязкость | Фотометрия и радиометрия | Физико-химические измерения | Радиация и ионизирующие излучения | Термометрия | Время и Частота |
|   ГНМИ   | **160** | 9 | 43 | 13 | 26 | 22 | 15 | 14 | 17 | 1 |
| **ВНИИМ** | 55 | 3 | 12 | 6 | 13 | 2 | 4 | 8 | 7 |  |
| **ВНИИФТРИ** | 51 | 6 | 17 | 1 | 6 |  | 7 | 6 | 7 | 1 |
| **ВНИИОФИ** | 27 |  | 3 |  | 1 | 21 | 1 |  | 1 |  |
| **ВНИИР** | 5 |  |  |  | 4 |  | 1 |  |  |  |
| **СНИИМ** | 6 |  | 5 |  |  |  |  |  | 1 |  |
| **УНИИМ** | 10 |  | 2 | 2 | 2 |  | 3 |  | 1 |  |
| **ВНИИМС** | 8 |  | 4 | 4 |  |  |  |  |  |  |

ГПЭ подлежат сличению с эталонами единиц величин Международного бюро мер и весов и национальными эталонами единиц величин иностранных государств. Сличения национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами, а также между собой, необходимо для обеспечения достоверности, точности и единства измерений как одного из условий международных экономических связей.

Подчиненными государственным первичным эталонам единиц величин являются **вторичные эталоны** единиц величин. Они имеют более низкие показатели точности. В ряде случаев, вторичные эталоны могут быть в свою очередь исходными эталонами единиц величин для средств измерений организаций и предприятий, возглавляя их локальные поверочные схемы.

Вторичные эталоны единиц величин получают единицы величин от государственных первичных эталонов единиц величин.

К вторичным эталонам единиц величин относят эталоны-копии, эталоны сравнения и рабочие эталоны единиц величин.

**Эталоны-копии** единиц величин предназначены для уменьшения эксплуатационной нагрузки на государственные первичные эталоны единиц величин, в обоснованных случаях заменяя их.

**Эталоны сравнения** единиц величин предназначены для сличения эталонов единиц величин, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.

**Рабочие эталоны** единиц величин предназначены для передачи единиц величин средствам измерений. Их применяют ЦСМ, лаборатории министерств и ведомств.

В случае необходимости передачи единицы величины большому числу средств измерений в рамках одной поверочной схемы создают цепочку из рабочих эталонов единицы величины разной точности. Возглавляет эту цепочку рабочий эталон единицы величины, который получает единицу величины непосредственно от государственного первичного эталона единицы величины и передает ее эталонам единицы величины различных разрядов (1-го, 2-го,..., k-го разряда), отличающихся по точности.

В цепочке разрядных рабочих эталонов единицы величины рабочий эталон единицы величины 1-го разряда является более точным эталоном единицы величины, с увеличением значения k (разряда) точность эталонов единицы величины уменьшается. При этом от последнего разрядного рабочего эталона единицы величины в этой цепочке единица величины передается средствам измерений.

До 1994 г. в нашей стране применялся термин "образцовое средство измерений". С целью гармонизации терминов с международной метрологической терминологией сейчас образцовые средства измерений именуют рабочими эталонами первого, второго, третьего и т.д. разрядов.

В нашей стране в настоящее время имеется 160 государственных эталонов и более 250 вторичных.

**§ 2 Система передачи размеров единиц. Поверочные схемы**

Передача размеров единиц от государственных эталонов рабочим СИ осуществляется непосредственно или через совокупность иерархически подчиненных эталонов единиц различного уровня точности, обеспечивая тем самым «прослеживаемость» измерений на всех уровнях передачи единиц сверху донизу.

Передача размеров единиц осуществляется в соответствии с поверочными схемами.

**Поверочная схема** - иерархическая структура, устанавливающая соподчинение эталонов, участвующих в передаче единицы или шкалы измерений от исходного эталона средствам измерений (с указанием методов и погрешностей при передаче), утверждаемая в установленном порядке в виде нормативного документа (РМГ 29-2013 п.9.15).

Поверочные схемы подразделяются на государственные (ГПС) и локальные.

**Государственная поверочная схема** распространяется на СИ данной ФВ, имеющиеся в стране.

В соответствии с Приказом Росстандарта от 31.08.2017 №1832 «Об утверждении временного порядка разработки (пересмотра) ГПС» ГПС разрабатываются ГНМИ, являющимися хранителями государственных первичных эталонов единиц величин или головными в данной области измерений (в случае отсутствия соответствующего государственного первичного эталона).

ГПС принимаются в виде межгосударственного стандарта, национального стандарта или в виде самостоятельного документа, утверждаемого приказом Росстандарта.

При построении ГПС и компоновке ее элементов руководствуются ГОСТ 8.061-80.

**Локальные поверочные схемы** разрабатывают организации, проводящие поверку. Они распространяются на средства измерений, подлежащие поверке в организации и не должны противоречить государственным поверочным схемам для средств измерений тех же физических величин.

Локальную поверочную схему разрабатывают в качестве нормативно-технического документа предприятия (организации) после ее согласования с ЦСМ (ГНМИ). Допускается локальную поверочную схему разрабатывать в виде стандарта предприятия.

Поверочные схемы включают не менее двух ступеней передачи размера единицы и состоят из чертежа ПС и текстовой части, содержащей пояснение к чертежу.

На чертеже схемы указывают:

- наименования эталонов, средств измерений и методов передачи единиц величин.

- номинальные значения или диапазоны значений величин, а также диапазоны значений влияющих величин (при необходимости);

- допускаемые значения показателей точности эталонов и средств измерений;

- допускаемые значения показателей точности методов передачи единиц величин. Допускается значения показателей точности не указывать, если их абсолютные значения не превышают 15 % от значений характеристик погрешности эталонов, применяемых при передаче единиц величин.

Соотношения допускаемой погрешностей поверяемых СИ и эталонов устанавливается с учетом принятого метода поверки, характера погрешностей, допускаемых значений долей необнаруженного брака и ошибочно забракованных, годных СИ.

Обычно это соотношение принимается равным 1:3, если при поверке вводят поправки на показания эталонов. Если же поправки не вводятся, соотношение принимается равным 1:5 (эталоны в 5 раз точнее).

 В общем случае это соотношение может быть от 1:2 до 1:10.

При указании показателей точности эталонов руководствуются ГОСТ 8.381-2009.

Для всех государственных эталонов известны:

- Случайная погрешность воспроизведения единицы, выраженная в виде СКО результата измерений

- Неисключенная систематичная погрешность воспроизведения единицы.

- Нестабильность эталона, задается изменением размера единицы за определенный промежуток времени.

Для вторичного эталона указывают суммарную погрешность, образованную случайными погрешностями и НСП первичного и вторичного эталонов при передаче размера единицы величины от первичного эталона, погрешностью передачи размера единицы величины от первичного вторичному эталону, а также нестабильностью вторичного эталона.

Методы поверки средств измерений, указываемые на ПС:

- непосредственное сличение (т.е. без средств сравнения);

- сличение при помощи компаратора или других средств сравнения;

- метод прямых измерений;

- метод косвенных измерений.

Рис 2. Чертеж ГПС для СИ электрического сопротивления посмотреть в ГОСТ Р 8.764-2011

**§ 3 Методики поверки**

Чтобы поверочная схема могла быть практически реализована, разрабатываются методики поверки.

Классификацию, правила построения, содержание и порядок создания документов на методики поверки СИ устанавливает РМГ 51-2002 ГСИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения.

Документы по поверке разрабатывают в виде:

- государственных стандартов (Общие требования к содержанию и оформлению стандартов на методики поверки, а также особенности порядка их разработки и утверждения  устанавливает ГОСТ Р 8.973-2019)

- рекомендаций по поверке

- отдельных документов (например, инструкций по поверке) в составе эксплуатационной документации или разделов эксплуатационных документов (например, инструкций по эксплуатации).

Документы по поверке разрабатывают предприятия—разработчики (изготовители) средств измерений, а также другие предприятия, специализирующиеся в соответствующей области измерений.

Документ по поверке содержит вводную часть и основную часть, состоящую из разделов, расположенных в следующем порядке:

- операции поверки;

- средства поверки;

- требования безопасности;

- условия поверки;

- подготовка к поверке;

- проведение поверки;

- обработка результатов измерений;

- оформление результатов поверки.

**Практическое занятие: Разработка локальных ПС**

Задание. Возьмите за основу любую ГПС (например из ГОСТ 8.021-2015, ГОСТ 8.129-2013, ГОСТ Р 8.763-2011) и составьте чертеж локальной схемы с учетом ГОСТ 8.061-80. Не забывайте, что поверочные схемы включают не менее двух ступеней передачи размера единицы.