

## Эталоны. Поверочная схема

Поверочная схема – это утвержденный в установленном порядке документ, регламентирующий средства, методы и точность передачи размеров единиц от эталона (или исходного образцового средства измерений) рабочим средствам измерений.

Особым средством измерений является эталон.

Эталон – это высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений. От эталона единица величины передается разрядным эталонам, а от них рабочим средствам измерений.

Эталоны классифицируются на первичные, вторичные и рабочие.

Первичный эталон – это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первичный эталон может быть национальным (государственным) и международным.

Национальный эталон утверждается в качестве исходного средства измерений для страны национальным органом по метрологии (Госстандарт РФ).

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). Важнейшая задача деятельности МБМВ состоит в систематических международных сличениях национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами, а также и между собой, что необходимо для обеспечения достоверности, точности и единства измерений, как одного из условий международных экономических связей. Сличению подлежат как эталоны основных величин системы СИ, так и производных.

Установлены определенные периоды сличения. Например, эталоны метра и килограмма сличают каждые 25 лет, а электрические и световые эталоны один раз в 3 года.

Первичному эталону соподчинены вторичные и рабочие. Размер воспроизводимой единицы вторичным эталоном сличается с государственным эталоном. Вторичные эталоны (их иногда называют «эталон-копии») могут утверждаться либо Госстандартом РФ, либо государственными научными метрологическими центрами, что связано с особенностями их использования.

Рабочие эталоны воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и в свою очередь служат для передачи размера менее точному рабочему эталону (или эталону более низкого разряда) и рабочим средствам измерений.

Самыми первыми официально утвержденными эталонами были прототипы метра и килограмма, изготовленные во Франции, которые в 1799 г. были переданы на хранение в Национальный архив Франции, поэтому их стали называть «метр Архива» и «килограмм Архива». С 1872 г. килограмм стал определяться как равный массе «килограмма Архива».

Каждый эталон основной или производной единицы Международной системы СИ имеет свою интересную историю и связан с тонкими научными исследованиями и экспериментами.

Например, принятый в 1791 г. Национальным собранием Франции эталон метра, равный одной десятиmillionной части четверти дуги парижского меридиана, в 1837 г. пришлось пересмотреть. Французские ученые установили, что в четверти меридиана содержится не 10 млн., а 10 млн. 856 метров. К тому же известно, что происходят, хотя и незначительные, но все же постоянные изменения формы и размера Земли. В связи с этим ученые Петербургской академии наук в 1872 г. предложили создать международную комиссию для решения вопроса с целесообразностью влияния изменений в эталон метра. Комиссия решила не создавать новый эталон, а принять в качестве исходной единицы длины «метр Архива», хранящийся во Франции.

В 1875 г. была принята Международная метрическая конвенция, которую подписала и Россия. Этот год метрологи считают вторым рождением метра, как основной международной единицей длины.

Уже в XX в (1967 г.) были опубликованы исследования более точного измерения парижского меридиана, которые показали, что четверть меридиана равна 10 млн. 1954,4 метра. Таким образом, «метр Архива» всего на 0,2 мм короче международного метра.

В 1889 был изготовлен 31 экземпляр эталона метра из платино-иридиевого сплава. Оказалось, что эталон № 6 при температуре 0°C точно соответствует длине «метра Архива». Именно этот экземпляр эталона по решению I Генеральной конференции по мерам и весам был утвержден как международный эталон метра и хранится в г. Севре (Франция). Остальные 30 эталонов были переданы разным государствам. Россия получила № 28 и № 11, причем в качестве государственного был принят эталон № 28.

Погрешность платино-иридиевых эталонов метра, равная  $+1,1 \cdot 10^{-7}$  м уже в начале XX в. оценивалась как неудовлетворительная и в 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам выработала другое определение метра в длинах световых волн, что основано на постоянстве длины волны спектральных линий излучения атомов. Это основа криптонового эталона метра. Погрешность криптонового эталона намного меньше, чем платино-иридиевого и равна  $5 \cdot 10^{-9}$  м.

Однако в космический век и эта точность оказалась недостаточной, а новейшие достижения науки позволили в 1983 г. на генеральной конференции мер и весов принять новое определение метра, как длины пути, проходимого светом за  $1/299792458$  доли секунды в условиях вакуума. Следует отметить, что на этой же конференции было объявлено точно определяемое современной наукой значение скорости света.

Не менее интересна история эталона единицы массы. «Килограмм Архива», который был принят за эталон массы в 1872 г. представляет собой платиновую цилиндрическую гирю, высота и диаметр которой равны по 39 мм. Прототипы (вторичные эталоны) для практического применения были

сделаны из платино-иридиевого сплава. За международный прототип килограмма была принята платино-иридиевая гиря, по точности в наибольшей степени соответствующая массе «килограмма Архива».

По решению I Генеральной конференции по мерам и весам России из 42 экземпляров прототипов килограмма были переданы № 12 и № 26, причем № 12 утвержден в качестве государственного эталона массы. Прототип № 26 использовался как вторичный эталон.

Национальный (государственный) эталон массы хранится в НПО «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (г. Санкт-Петербург) на кварцевой подставке под двумя стеклянными колпаками в стальной сейфе, температура воздуха поддерживается в пределах  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , относительная влажность 65%. Один раз в 10 лет с ним сличаются два вторичных эталона. При сличении с международным эталоном наш национальный эталон массы получил значение 1,0000000877 кг. Для передачи размера единицы массы от прототипа № 12 вторичным эталонам используются специальные весы № 1 и № 2 с дистанционным управлением на 1 кг; весы № 1 изготовлены фирмой «Рунпрехт», а № 2 – НПО «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Погрешность воспроизведения килограмма составляет  $2 \cdot 10^{-9}$  кг.

За 100 с лишним лет существования описанного прототипа килограмма, конечно, были попытки создать более современный эталон на основе фундаментальных физических констант масс различных атомных частиц (протона, электрона и т.п.). Однако на современном уровне научно-технического прогресса пока не удалось воспроизвести этим новейшим методом массу килограмма с меньшей погрешностью чем существующая.

Отклонения массы эталонов, определяемые при международных сличениях, показывают достаточную степень ее стабильности. В таблице приведены результаты двух сличений.

### **Перспективы развития эталонов**

За последние годы получены высокие результаты точности и надежности эталонов, создаваемых на основе использования квантовых эффектов, что позволяет предположить возможность создания новых эталонов в недалеком будущем.

С использованием квантовых эффектов был создан современный эталон ампера и Ома. Квантовые эталоны характеризуются высокой степенью стабильности значений погрешности воспроизведения единиц величин. С помощью новых методов и средств измерений уточняются фундаментальные физические константы, поэтому точность квантовых эталонов будет возрастать. Ученые полагают, что квантовые эталоны можно будет считать «вечными мерами». Так как способность воспроизведения единиц физических величин у таких эталонов не подвержена влиянию внешних условий, географического местонахождения и времени. Если будет создан эталон массы на основе возможностей ядерной физики, то многие существующие эталоны перейдут в разряд «вечных», поскольку размерности их величин связаны, так или иначе, с массой. В таких условиях изменится и

система поверки и калибровки, которая привязана к государственным эталонам, т.е. произойдет ее децентрализация, что обеспечит (размеры единиц могут воспроизводиться там же, где выполняются измерения) централизованный способ (информация о размерах единиц должна передаваться с централизованного места их хранения или воспроизведения) значительный экономический эффект. Ожидается появление возможности создания сравнительно недорогих квантовых эталонов и рабочих средств измерений на основе практического использования эффекта высокотемпературной сверхпроводимости, что послужит началом нового периода в развитии фундаментальной и практической метрологии.

### Результаты международных сличений эталона массы

Таблица

Страна	Номер эталона	Отклонение массы эталона, мг		Разность массы эталонов
		Первое сличение	Второе сличение	
Международный эталон МВМВ	31	+0,162	+0,128	-0,034
Франция	35	+0,191	+0,183	-0,008
СССР	12	+0,068	+0,085	+0,017
США	20	-0,039	-0,019	+0,02
Япония	6	+0,169	+0,170	+0,001
Италия	5	0,018	+0,018	0,000
Швейцария	38	0,183	+0,214	+0,031