

# ЭТАЛОНЫ, ЭТАЛОНЫ... ETALONS, ETALONS...

Брянский Л.Н. (N. Bryanskiy)

Что такое эталон? В буквальном переводе с французского (etalon) — это образец (чего угодно). В английском языке нет слова «эталон», а есть стандарт (standart) — слово, имеющее массу значений: знамя, флаг, стандарт, норма, образец, мера; даже колонна, стойка, подставка, станина. Эта неоднозначность часто приводит к недопониманиям. В метрологической практике нередко путают стандарт — эталон, меру и стандарт — нормативный документ, например, ГОСТ. Исходя из английских понятий, главный метрологический институт США — НИСТ — мы называем национальным институтом стандартов и технологий, а не национальным институтом эталонов (хотя «бумажными» стандартами он тоже занимается).

Эталоны могут быть (и бывают) самые разные.

Писательница О. Ларионова в повести «Планета, которая ничего не может дать» придумала даже эталон женской красоты, привлекательности и обаяния в виде живой девушки-инопланетянки. А почему нет? Имела полное право. Ведь в подсознании каждого из нас хранится эталонный образ идеального партнера, возлюбленной или возлюбленного, отца или матери будущих детей.

Но вернемся к метрологии. По правовому статусу эталоны делятся на международные, национальные (государственные), вторичные и рабочие разных разрядов. Имеются еще эталоны-переносчики (служат для сличения и поверки эталонов, удаленных друг от друга и нетранспортабельных) и вымирающий класс эталонов-копий (двойников национальных эталонов). В далекие и почти нереальные времена принятия Международной метрической конвенции МБМВ могло позволить себе роскошь заказать (из платино-иридиевого сплава, драгоценного во все времена) такое число эталонов метра и килограмма (они назывались прототипами), что некоторым странам, России в том числе, досталось по парочке тех и других: прототипы метра № 11 и № 28 и прототипы килограмма № 12 и № 26. На этом «расточительство» (весьма полезное с научной точки зрения) закончилось. В наше время никто не может себе позволить создавать национальные эталоны в двух и более экземплярах.

Среди рабочих эталонов (раньше они назывались образцовыми средствами измерений) нужно выделять исходные эталоны органов ГМС (государственной метрологической службы) и

других метрологических служб, на которые опираются местные системы обеспечения единства измерений.

Все сказанное общеизвестно и мало интересно. Интересно другое — анализ «изнутри» канонических определений эталона. Этих определений много. Они в чем-то похожи, в чем-то нет. Вот некоторые из них:

«Эталонами называют образцы мер, содержащие возможно точно определенное число единиц той меры, образцом которой должен служить эталон». Определение помещено в энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона и принадлежит классику российской метрологии XIX века Ф.И. Петрушевскому. «Эталон есть конкретное воспроизведение единицы с наивысшей точностью». Автор — профессор М.Ф. Маликов — классик отечественной метрологии первой половины XX века.

шкалы измерений, а зачастую только шкалы. Но об этом в другом месте.

Попробуем проанализировать эти определения. Не вызывают возражений утверждения, что эталон является средством измерений, следовательно, содержит меру (совокупность мер), и что он должен передавать размер единицы или шкалу другим средствам измерений (иначе он не может называться эталоном). Сложнее с другими признаками.

Первый вопрос: действительно ли государственные эталоны хранят или воспроизводят номинальное, кратное или дольное (десятичное) значение единицы измеряемой величины? Да, если речь идет об эталоне килограмма или платино-иридиевом эталоне метра (именно им обязано своим рождением процитированное утверждение) и немногочисленных других. Нет, если речь идет о многих современных

Международный эталон метра, использовавшийся с 1889 по 1960 годы, был изготовлен из сплава 90% платины и 10% иридия и имеет поперечное сечение в виде буквы «X». Этот эталон всё ещё хранится в Международном бюро мер и весов, хотя больше по своему первоначальному назначению не используется.



С 1960 было решено отказаться от использования изготовленного людьми предмета в качестве эталона метра, и с этого времени по 1983 год метр определялся как число 1 650 763,73, умноженное на длину волны оранжевой линии (6 056 Е) спектра, излучаемого изотопом криптона <sup>86</sup>Kr в вакууме.

Современное определение метра в терминах времени и скорости света было введено в 1983 году:

Метр — это длина пути, проходимого светом в вакууме за (1 / 299 792 458) секунды.

«Эталон единицы — средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и (или) хранение единицы с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке в качестве эталона». ГОСТ 16263-70 — результат работы метрологов ВНИИМ им. Д.И. Менделеева под руководством профессора К.П. Широкова.

«Эталон единицы величины — средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины (или кратных либо дольных значений единицы величины) с целью передачи ее другим средствам измерений данной величины». Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» от 1993 года. Конкретный автор неизвестен. К сожалению, эти определения игнорируют то обстоятельство, что эталоны воспроизводят и хранят не только единицы, но и

эталонах. Вот примеры воспроизводимых значений.

ГЭТ 4-68 единицы силы электрического тока долгие годы (до появления квантовых эталонов вольты и Ома) воспроизводил значение 1,018646 А;

ГЭТ 7-69 единицы массы радия 21,283 мг;

ГЭТ 14-91 единицы электрического сопротивления 12906, 4035 Ом; 6453, 20175 Ом и 1,0 Ом;

ГЭТ 25-79 единицы электрической емкости 0,2 пФ;

ГЭТ 47-79 единицы длины для спектроскопии 0, 60578021 мкм;

ГЭТ 48-79 единицы энергетической яркости для инфракрасного излучения 100,5 Вт/(ср.м<sup>2</sup>) и 1173,5 Вт/(ср.м<sup>2</sup>);

ГЭТ 129-80 единицы относительной диэлектрической проницаемости 1,0006 отн. ед.

И, наконец, цезиевый репер частоты воспроизводит интервал времени (период колебаний), равный 1/9122631770 части секунды, и аналогично стабилизированный гелий-неоновый лазер эта-

лона длины (входящего в состав объединенного эталона времени, частоты и длины) —  $1/173452614$  часть метра (это длина волны его излучения).

Ну и что? А ничего. Это положение типичный анахронизм образца 1875 года. На деле эталон может воспроизводить любое значение величины (любую точку или часть шкалы), лишь бы эти значения были известны с требуемой точностью и стабильно воспроизводились раз от раза.

В некоторых определениях (здесь не приведенных) говорилось, что государственный эталон должен воспроизводить единицу (шкалу) с наивысшей при данном уровне науки и техники точностью. В Законе это требование отсутствует и вполне обоснованно. Точность эталона должна быть достаточной для поверки (калибровки) основного парка эксплуатируемых в государстве средств измерений. Точность обходится очень

новой области сами по себе не могут ни хранить, ни воспроизводить кельвин.

Они «хранят» функцию преобразования, т.е. сохраняют зависимость их омического сопротивления от температуры. А конкретные значения температуры, при которых происходит передача ее значений другим СИ, задаются активным компаратором — криостатом.

Специальная лампа накаливания эталона кандели воспроизводит оптическое излучение с соответствующим значением силы света в канделах, но не может «хранить» это значение длительное время. Она периодически калибруется с помощью эталонного фотометра, «хранящего» коэффициент преобразования. Прежний эталон силы тока (ампер-весы) вообще не хранил меру силы тока (такие меры просто не существуют). В его состав входили меры массы, ЭДС и электрического сопротивления.

лон обязан передавать размер единицы или шкалу, а не значение величины, равное принятой единице. Передаваемый размер может соответствовать любой части этой единицы или любой точке шкалы,

Градация эталонов по областям их применения, по значимости является общепринятой и привычной. Но она ничего нам не говорит о физической их сущности. Нами сделана попытка разработать такую параллельную классификацию. Она опирается на классификацию мер, входящих в состав эталонов.

По этой классификации все эталоны можно разделить на две основные группы.

Первая группа — эталоны, содержащие пассивные меры, хранящие шкалу или значение величины и применяемые для сравнения с ними поступающего извне сигнала — носителя измерительной информации. Такие эталоны можно назвать эталонами-приемниками.

Здесь и далее понятие «сигнал измерительной информации» используется в предельно широком смысле. Это может быть любое физическое поле или процесс, несущие сведения (информацию) о местоположении значения измеряемой величины на соответствующей шкале измерений.

Вторая группа — эталоны, имеющие в своем составе активные меры, воспроизводящие шкалы или значения величин, либо пассивные меры и некоторые источники сигнала измерительной информации, значение которого задается или контролируется мерой. Такие эталоны можно назвать эталонами-генераторами.

Встречаются эталоны, которые могут использоваться как в режиме эталона-приемника, так и в режиме эталона-генератора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Брянский В.П. Непричесанная метрология: 2-е издание, переработанное и дополненное / Под общей редакцией Красовского П.А. // ФГУП ВНИИФТРИ. — Менделеево. — 2008. — 276 с.
2. Википедия. Метр (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Метр>).
3. Википедия. Кандела (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Кандела>). ☑

*What does the word «etalon» mean? In metrological practice they often confuse the standard — etalon, measure and the standard — a normative document for example GOST. The etalon can reproduce any measuring value (or part of the scale) if only these values are known with the required accuracy and are stably reproduced over time. In this article some interesting thoughts about what actually etalon reproduces are introduced, and several definitions of the term are given.*

**Кандела (обозначение: cd; от лат. *candela* — свеча) — одна из семи основных единиц измерения СИ, равна силе света, испускаемого в заданном направлении источником монохроматического излучения частотой  $540 \times 10^{12}$  герц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет  $(1/683)$  Вт/ср.**

**Выбранная частота соответствует зелёному цвету. Человеческий глаз обладает наибольшей чувствительностью в этой области спектра. Если излучение имеет другую частоту, то для достижения той же силы света требуется большая энергетическая интенсивность.**

**Ранее кандела определялась как сила света, излучаемого чёрным телом перпендикулярно поверхности площадью  $1/60$  см<sup>2</sup> при температуре плавления платины (2042,5 К). В современном определении коэффициент  $1/683$  выбран таким образом, чтобы новое определение соответствовало старому.**

**Обычная свеча излучает свет с интенсивностью, примерно равной 1 канделе. Если излучение в каких-либо направлениях ограничено непрозрачным барьером, излучение в других направлениях по-прежнему будет примерно равно 1 канделе.**

дорого и создавать суперточный эталон при отсутствии потребности в такой точности измерений — нерационально тратить деньги налогоплательщиков.

Из сказанного следует, на первый взгляд, парадоксальный вывод: могут существовать уникальные независимо аттестуемые средства измерений и установки, обеспечивающие проведение научных экспериментов, более точные, чем государственные эталоны производных единиц СИ.

Наибольшие неясности и трудности связаны с трактовкой терминов «хранение и (или) воспроизведение единиц (шкал) измеряемых величин». С позиций конца XIX и начала XX века все было ясно и просто. А теперь?

Что хранит стабилизированный лазер эталона метра, когда он выключен? Очевидно, лишь свойство при каждом включении генерировать (воспроизводить) с высокой точностью и стабильностью оптическое излучение известной частоты.

Абсолютно тоже самое можно сказать о цезиевом репере эталона времени и частоты.

Группы платиновых и железородиевых термометров эталона термодинамической температуры в криоген-

Эталон ампера, основанный на вычислении значения силы тока по закону Ома (причем напряжение измеряется с использованием эффекта Джоузефсона, а сопротивление — в долях квантового сопротивления Холла), также не хранит меру силы тока. В этой ситуации трудно даже говорить и о воспроизведении ампера.

Так же трудно в ряде случаев разделить функции «воспроизведения» и «измерения». По-видимому, единственный выход — в правилах хранения и применения каждого эталона указывать, что в данном конкретном случае понимается под терминами «воспроизведение» и «хранение».

С учетом всего изложенного моими коллегами и мной было предложено определение понятия «эталон», не противоречащее Закону Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» и свободное от большинства отмеченных недостатков других формулировок: «Эталон (шкалы или единицы измерений) — устройство, предназначенное и утвержденное для воспроизведения и (или) хранения и передачи шкалы или размера единицы измерений средствами измерений».

Необходимо подчеркнуть, что эта-