

**Предисловие главного редактора**

УДК 006.91

**ЭТАЛОННАЯ БАЗА – ФУНДАМЕНТ СИСТЕМЫ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ****С.И. Донченко**ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.  
director@vniiftri.ru

*Подводятся итоги развития эталонной базы в области радиотехнических и физико-технических измерений за последнее десятилетие. Обсуждаются основные пути её дальнейшего совершенствования, направленного на реализацию приоритетов модернизации экономики и технического развития.*

*Ключевые слова: государственные эталоны, единицы величин, точность измерений.*

Важнейшим объектом деятельности по обеспечению единства измерений в стране, как определил российский стандарт ГОСТ Р 8.000.2000 «Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения» [1], является установление согласованных требований к совокупности законенных единиц и шкал измерений. Высшим пределом точности измерения и воспроизведения соответствующих физических величин являются государственные эталоны.

Дальнейшее развитие системы обеспечения единства измерений в стране сегодня требует значительного обновления эталонной базы России. Речь идёт как о повышении точности единиц величин, воспроизводимых, хранимых и передаваемых эталонами, так и о расширении номенклатуры и диапазонов единиц величин соответствующих эталонов.

Мероприятия по развитию системы обеспечения единства измерений предусматривают решение целого ряда важнейших задач. В их числе совершенствование нормативных, правовых, организационных, методических, информационных основ единства измерений; повышение эффективности государственного метрологического контроля; повышение уровня технических средств важнейших Государственных служб: времени, частоты и определения параметров вращения Земли; стандартных образцов; стандартных справочных данных; совершенствование метрологического обеспечения оборонно-промышленного комплекса и др.

Однако первой строчкой в числе этих мероприятий, разработанных в свете стратегии развития системы обеспечения единства измерений в России до 2015 года и утверждённой приказом Минпромторга России от 17 июня 2009 г., № 529, стоит задача повышения научно-технического уровня и точностных характеристик государственных эталонов единиц измерений.

2015 год становится решающим для подведения итогов реализации ведомственной целевой программы «Эталоны России», реализуемой в рамках общей концепции единства измерений.

Предстоит уточнить, насколько продуктивно идёт решение таких радикальных задач, поставленных перед метрологическими институтами, как повышение точности воспроизведения и передачи размеров величин в среднем в 3 – 5 раз, расширение диапазонов измерений на порядок и более; увеличение производительности поверочных работ в 1,5 – 2 раза, повышение уровня метрологического обеспечения на приоритетных направлениях науки, техники и технологий; обеспечение адекватности мировому уровню калибровочных и измерительных возможностей страны.

2015 год стал знаменательным и для ВНИИФТРИ, отметившего в феврале с.г. шестидесятилетие со дня своего создания. Итоги деятельности предприятия, подведённые к юбилею, демонстрировали рост научного потенциала, в первую очередь его эталонной базы [2]. Во ВНИИФТРИ созданы и внедрены в различные отрасли народного хозяйства более 30 % всех государственных эталонов России, в том числе радиотехнических эталонов – свыше 80 процентов.

Это особенно важно подчеркнуть, если учесть потери, которые понесла эталонная база российских метрологических институтов в результате распада СССР. Из общих потерь в 23 эталона семнадцать были радиотехническими. Самый значительный объём работ по созданию новых эталонов в данной области вместо оставшихся за пределами Российской Федерации был возложен на ВНИИФТРИ. Потери были восстановлены [3, 4]. За полтора десятилетия проведена модернизация целого поколения радиотехнических эталонов, повышена их точность, расширены диапазоны рабочих частот, увеличено количество поверяемых средств измерений нового поколения.

Некоторые из радиотехнических эталонов разработаны впервые в метрологической практике. В 2004 г. был утверждён и введён в действие Государственный эталон девиации частоты - совершенно новый эталон ВНИИФТРИ, оказавшийся в числе ведущих по количеству передач размера единицы в год, наряду с такими востребованными эталонами, как Государственный первичный эталон единицы коэффициента амплитудной модуляции высокочастотных колебаний, Государственный первичный эталон мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц и другими.

Нельзя обойти вниманием модернизацию эталона №1 России - Государственного первичного эталона времени, частоты и национальной шкалы времени, утверждённого в 2012 г. с новыми точностными характеристиками. Относительная неисключённая систематическая погрешность воспроизведения единиц времени и частоты нового эталона уменьшилась приблизительно в сто раз по сравнению с ГЭТ1 – 98. По своим метрологическим характеристикам ГЭВЧ сегодня находится на уровне ведущих зарубежных лабораторий, а по некоторым и превосходит их. Национальная шка-

---

ла времени UTC(SU) входит в пятёрку самых стабильных шкал координированного времени мира [5].

Важным достижением последнего десятилетия следует признать укрепление времячастотной эталонной базы в восточных регионах страны, технические средства которой позволяют обеспечить перспективные требования системы ГЛОНАСС. Это связано с улучшением метрологических характеристик вторичных и рабочего эталона единиц времени и частоты Восточно-Сибирского, Дальневосточного и Камчатского филиалов ФГУП «ВНИИФТРИ» [2], вторичного эталона СНИИМ.

Продолжается разработка средств для воспроизведения единицы длины в диапазоне до 60 м и до 4000 м, эталонных средств метрологического обеспечения координатно-временных и навигационных систем [6].

Заново создавалась эталонная база в области физико-химических измерений, особенно интенсивно развивающихся в институте в последнее время.

Известно, что ещё в 1999 г. 19-я Генеральная конференция по мерам и весам обозначила метрологию в химии актуальной, первостепенной задачей, подчеркнув, что именно физико-химические измерения обеспечат развитие многих приоритетных производственных технологий. В институте проводится большая работа по совершенствованию комплекса аппаратуры для воспроизведения, хранения и передачи шкал водородного показателя рН, ионометрических показателей рХ и окислительно-восстановительного потенциала  $E_x$ . Проведена аккредитация ФГУП «ВНИИФТРИ» в качестве испытательного центра по рН-метрии, ионометрическим измерениям. Утверждён с новыми метрологическими характеристиками Государственный первичный эталон единиц дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов ГЭТ 163-2010 [7].

В области электрохимии во ВНИИФТРИ содержатся 3 Государственных первичных эталона: ГЭТ 54-2011 – ГПЭ шкалы рН, ГЭТ 171-2011 – ГПЭ показателей активности рХ ионов в водных растворах и ГЭТ 132-99 – ГПЭ единицы удельной электрической проводимости жидкостей в части диапазона от  $1 \cdot 10^{-3}$  до 10 См/м. А в канун 2015 г. был утверждён Государственный первичный эталон единицы массовой концентрации кислорода и водорода в жидких средах ГЭТ 212-2014. Проведённые в институте измерения массовой концентрации химических компонентов водных сред методами электрохимического анализа, дисперсного состава аэрозолей и взвесей природных и технологических сред, параметров ионизированного воздуха и электропроводности – важное звено в системе метрологического обеспечения измерения параметров среды обитания человека.

Вообще последнее десятилетие отмечено значительным ростом числа эталонов ВНИИФТРИ. Их количество возросло с 30 до 51. И речь идёт не только о количественном росте. Создавались эталоны нового поколения с

улучшенными точностными и эксплуатационными характеристиками, с использованием новейших технологий [8].

Новый Государственный эталон единицы давления в диапазоне 10 – 1600 МПа и эффективной площади поршневых пар грузопоршневых манометров в диапазоне 0,05 – 1 см<sup>2</sup> ГЭТ 43-2013 реализовал уникальные технологии грузопоршневых пар высокого давления, не имеющие аналогов в мире. Эталон обеспечивает потребности многих отраслей науки и техники, в том числе промышленной и авиационной гидравлики, химической промышленности [9].

Особо следует отметить совершенствование и создание новых эталонов для обеспечения ключевых отраслей экономики, социальной сферы и обороны страны, приоритетных направлений развития науки, техники и технологий.

Разработан и введён в действие новый Государственный первичный эталон единиц измерения объёмов передаваемой цифровой информации по каналам Интернет и телефонии ГЭТ 200-2012 [10]. Утверждён Государственный первичный эталон твёрдости по шкалам Мартенса и шкалам индентирования, который необходим для развития нанотехнологий, ГЭТ 211-2014 [11]. Это пятый эталон твёрдости ВНИИФТРИ, где хранятся и совершенствуются все государственные эталоны страны в данной области измерений.

Выполнен значительный объём работ по совершенствованию и развитию эталонной базы в интересах атомной энергетики и ядерного комплекса, по созданию нового эталонного комплекса единиц альфа, -бета, -гамма, - рентгеновских излучений и удельной объёмной активности радионуклидов в материалах, используемых в радиационных технологиях. В 2014 г. утверждён новый Государственный первичный эталон единицы мощности поглощённой дозы интенсивного фотонного, электронного и бета-излучений для радиационных технологий ГЭТ 209-2014 [2].

Важным моментом в модернизации эталонной базы института было утверждение в 2011 г. усовершенствованного Государственного первичного специального эталона единицы звукового давления в водной среде – Паскаля в диапазоне частот от 0,001 Гц до 1 МГц ГЭТ 55-2011 в составе пяти автоматизированных эталонных установок [12]. Утверждение эталона позволило повысить точность передачи единицы звукового давления на частотах выше 200 кГц, расширить частотный диапазон воспроизведения звукового давления с 0,01 до 0,001 Гц, расширить частотный диапазон градуировки гидрофонов по свободному полю в области низких частот до 1 кГц.

В научно-исследовательском отделении гидроакустических измерений был разработан новый Государственный специальный эталон единицы мощности ультразвука в воде ГЭТ 169-2005. Эталон разработан впервые, его введение в действие позволяет успешно решать метрологические проблемы

применения ультразвука в физиотерапии. Подчеркнём важность метрологического обеспечения в области медицинского ультразвука не только для объективной оценки функциональных характеристик ультразвукового медицинского оборудования, но и его безопасности для пациента [13].

В Дальневосточном филиале ВНИИФТРИ был утверждён усовершенствованный Государственный первичный эталон единиц скорости распространения и коэффициент затухания продольных ультразвуковых волн в твёрдых средах ГЭТ 189-2014 [14].

В результате выполненного комплекса работ в Восточно-Сибирском филиале ВНИИФТРИ расширен частотный диапазон Государственного первичного эталона единиц комплексной диэлектрической проницаемости в диапазоне частот от 1 до 178,4 ГГц ГЭТ 110-2012 [15]. В 2014 г. после модернизации в Восточно-Сибирском филиале ВНИИФТРИ утверждён Государственный первичный эталон единицы относительной влажности газов молярной (объёмной) доли влаги, температуры точки росы/иня ГЭТ 151-2014. С этого времени проводятся его международные, ключевые и дополнительные сличения с эталонами Великобритании, США, Китая, Японии, Индонезии и других стран, подтверждающие соответствие характеристик нашего эталона зарубежным.

Следует подчеркнуть, что международные сличения государственных эталонов, в которых участвует наша страна в рамках Соглашения о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровок и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами, играют исключительно важную роль в дальнейшем развитии работ по обеспечению единства измерений и эффективном участии метрологии в решении важных общегосударственных задач развития экономики.

Во ВНИИФТРИ ведётся постоянная работа по активизации участия института в международных сличениях национальных эталонов. Проведены запланированные сличения целого ряда государственных первичных эталонов с Международным бюро мер и весов и национальными эталонами зарубежных стран, а также успешные региональные ключевые сличения КООМЕТ, двусторонние сличения с Германией (по шкалам наноиндентирования), Бразилией INMETRO (калибровка гидрофонов).

Результаты международных сличений эталонов важны не только для определения и подтверждения калибровочных и измерительных возможностей ВНИИФТРИ, но и для разработки программы дальнейшего развития эталонной базы института с учётом развития приоритетных отраслей экономики, здравоохранения, безопасности государства. Разработка программы, в первую очередь, должна учитывать результаты исследований, проводимых в рамках постоянной метрологической работы «Содержание эталонной базы России», направленной на поддержание современного научно-технического

уровня эталонов. При этом особое внимание должно быть уделено таким первостепенным вопросам, как исследование долговременной стабильности метрологических и эксплуатационных характеристик эталонов; разработка предложений их дальнейшего совершенствования, текущей модернизации; уточнение применяемых методов измерений; улучшение условий эксплуатации. Важны исследовательские работы по результатам международных и региональных сличений с целью уточнения измерительных и калибровочных возможностей государственных эталонов.

Нельзя упустить и такие факторы анализа, как обоснованность создания эталонов, эффект от их внедрения, способность эталонов удовлетворять актуальные запросы практики, необходимость централизованного воспроизведения единиц физических величин в государственном масштабе.

Государственный эталон - воплощение наивысшей точности воспроизведения физических величин. Создание эталонов должно базироваться на последних научных достижениях, в первую очередь физики, химии. Поэтому так важны поиски, исследования и внедрение новых физических явлений, эффектов, технологий, которые могли бы обеспечить научный прогресс при создании эталонов нового поколения, что чрезвычайно важно для использования их на ключевых направлениях научно-технического развития.

Создание эталонов нового поколения требует решения вопросов их надёжности, эргономичности, ремонтпригодности. Нельзя упустить и такие дополнительные факторы, как развитие соответствующей инфраструктуры, специальных помещений для размещения эталонов, использование современных технических средств, модернизация программного обеспечения передачи размеров единиц и т.д.

Особого решения требует вопрос международной эквивалентности некоторых государственных эталонов, не прошедших ключевые сличения.

И, конечно же, кадры. Вопрос об учёных хранителях государственных эталонов остаётся на сегодняшний день по-прежнему очень актуальным, и он требует отдельного рассмотрения.

### **Литература**

1. ГОСТ Р 8.000-2000. Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения.
2. Донченко С.И. Шестьдесят лет Всероссийскому научно-исследовательскому институту физико-технических и радиотехнических измерений// Измер. техника, 2015, №1, с. 3-4.
3. Радиотехнические эталоны для приоритетных научно-технических направлений и новейших технологий.- Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2012.
4. Создание и совершенствование эталонной базы в области радиочастотных

- электромагнитных измерений.- Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2013.
5. Донченко С.И., Блинов И.Ю., Гончаров А.С., Норец И.Б. Современное состояние и перспективы развития эталонной базы Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли// Измер. техника, 2015, №1, с. 5-8.
  6. Щипунов А.Н., Татаренков В.М., Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Федотов В.Н., Васильев М.Ю., Соколов Д.Н. Эталонный комплекс средств обеспечения единства измерений длины в диапазоне 24 м: Текущее состояние и перспективы развития // Измерительная техника, 2014, №11, с. 4-7.
  7. Физико-химические измерения. Доклады совещания подкомитета КОOMET ПК 1.8.1 «Электрохимия» 17 – 18 сентября 2013 г. – Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2014.
  8. Карпов О.В., Балаханов Д.М., Лесников Е.В., Данькин Д.А. Государственный вторичный эталон единиц дисперсных параметров взвесей нанометрового диапазона // Измер. техника, 2011, с. 3-6.
  9. Боровков В.М., Секоян С.С., Асланян А.Э., Гаврилкин С.М. Школа грузопоршневой манометрии ВНИИФТРИ и перспективы Государственного эталона высокого давления// Альманах современной метрологии, 2015, №2, с. 63 - 75.
  10. Жогун В.Н., Шеховцов В.Н. Государственный первичный эталон единиц измерения объёма передаваемой цифровой информации// Измер. техника, 2015, №1, с. 24 – 26.
  11. Асланян А.Э., Асланян Э.Г., Гаврилкин С.М., Щипунов А.Н. Исследование неоднородности мер твёрдости для передачи шкал Мартенса при наноиндентировании// Измер. техника, 2015, №1, с. 32 – 35.
  12. Исаев А.Е., Некрич С.Ф., Некрич Г.С., Сильвестров С.В., Черников И.В., Щелкунов А.И. Модернизированный государственный первичный эталон единицы звукового давления в водной среде// Измер. техника, 2010, №5, с. 5.
  13. Еняков А.М. Государственный специальный эталон единицы мощности ультразвука в воде// Измер. техника, 2006, №3, с. 3 – 7.
  14. Базылев П.В., Кондратьев А.И., Крумгольц И.Я., Луговой В.А. Государственный первичный эталон единиц скоростей распространения продольных сдвиговых и поверхностных ультразвуковых волн в твёрдых средах ГЭТ 189-2012// Альманах современной метрологии, 2015, №2, с. 57 – 62.
  15. Егоров В.Н., Кащенко М.В., Масалов В.Л., Токарева Е.Ю., Нонг Куок Куанг. Государственный первичный эталон единиц комплексной диэлектрической проницаемости в диапазоне частот от 1 до 178,4 ГГц// Измер. техника, 2014, №1, с. 3 – 7.