

# **Метрологической академии — 30 лет**

**Сборник материалов**

Санкт-Петербург  
2022

УДК 389.1  
ББК 20г  
М54

Метрологической академии — 30 лет: сборник материалов / под научной редакцией  
М54 академика РАН В. В. Окрепилова. — Санкт-Петербург, 2022. — 128 с.

ISBN 978-5-00125-672-4

Данное издание подготовлено к 30-летию Метрологической академии РФ. Но все, кто будет знакомиться с его материалами, смогут убедиться, что оно не носит юбилейного характера. Кроме небольшого исторического очерка, рассказывающего об основных этапах создания и становления Академии, ее структуре, задачах и главных направлениях деятельности за три десятилетия, с акцентом на последние годы, издание содержит статьи по самым актуальным проблемам, в решении которых Метрологическая академия участвует в настоящий момент. Фактически включенные в сборник статьи членов Академии отражают их мнения и позиции, высказанные в выступлениях и дискуссиях на последних заседаниях Президиума и Бюро Метрологической академии. Тем самым читатели могут, что называется, из первых рук узнать, какие проблемы волнуют сегодня метрологическое сообщество, какие пути их решения видят ведущие специалисты-метрологи, а также руководители органов государственной власти, отвечающие за обеспечение и развитие метрологической деятельности в России. Рекомендуется для специалистов, преподавателей, студентов, изучающих науку об измерениях.

Без возрастных ограничений

ISBN 978-5-00125-672-4

© Метрологическая академия, 2022

© Авторы, 2022

© П. Лосев, обложка, 2022

# Содержание

Приветствие Руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) Антона Шалаева .....	4
Приветствие Председателя Комитета по науке и высшей школе Администрации Санкт-Петербурга Андрея Максимова .....	5
Приветствие Президента Метрологической академии, академика РАН Владимира Окрепилова .....	6

## I

<i>В. Окрепилов.</i> Метрологическая академия — 30 лет поисков и обретений .....	7
<i>Д. Кузнецов.</i> О вкладе Метрологической академии в российскую метрологию .....	18
<i>Е. Лазаренко.</i> Об основных задачах отечественной метрологии .....	20
<i>Л. Исаев.</i> О формировании Государственной метрологической службы Российской Федерации и о проекте положения о ней .....	23
<i>В. Крутиков.</i> Системные проблемы отечественной метрологии .....	27
<i>В. Окрепилов.</i> Наука поверяется практикой: о принципах работы и некоторых решениях руководящих органов Метрологической академии .....	30

## II

<i>Л. Бабаджанов, М. Бабаджанова, Т. Корюшкина.</i> Состояние поверки средств измерений геометрических размеров методами неразрушающего контроля .....	33
<i>М. Вонский, Л. Конопелько, Г. Нежиховский, В. Суворов, А. Чуновкина, В. Эмануэль.</i> Воплощение заповедей Дмитрия Ивановича Менделеева петербургскими последователями в масштабах его Родины .....	37
<i>Р. Генкина.</i> Роль внутреннего метрологического надзора в обеспечении единства измерений в стране .....	45
<i>А. Данилов.</i> О необходимости внесения изменений в действующие нормативно-правовые акты в области обеспечения единства измерений .....	51
<i>С. Денисенко.</i> Метрологическая служба Российской Федерации — важнейшее звено метрологической инфраструктуры страны .....	54
<i>А. Дорохов, А. Кравцов.</i> Обеспечение единства измерений в области обороны и безопасности государства .....	58
<i>Л. Конопелько.</i> Химико-аналитические измерения — новые вызовы .....	61
<i>А. Кривов.</i> Метрологическое обеспечение современных технологий и проблемы законодательства .....	77
<i>Б. Литвинов, М. Окрепилов.</i> ВНИИМ и менделеевские традиции в подготовке метрологов .....	83
<i>Е. Милованова, В. Лысенко, В. Костеев, Н. Табачникова.</i> Повышение точности измерений параметров шероховатости контактным, полуконтактным и бесконтактным методами .....	90
<i>Е. Гинак.</i> Метрологический музей: 30 лет плодотворного сотрудничества с Метрологической академией .....	95
<i>К. Чекирда.</i> Эталоны основных величин как драйвер развития отечественного научного приборостроения .....	98
<i>А. Пронин.</i> О проблемах перехода на новые определения основных единиц международной системы СИ .....	102



*Антон Шалаев,  
Руководитель Федерального агентства  
по техническому регулированию и метрологии  
(Росстандарт)*

Уважаемые коллеги!

Выход научного сборника, который вы держите в руках, совпал с тридцатилетием Метрологической академии. В мае 1992 г., когда отечественное научное сообщество отмечало полуторавековую юбилей Института метрологии имени Д.И. Менделеева, состоялся учредительный съезд Академии, утвердивший ее Устав, структуру и избравший первых действительных членов Метрологической академии, ее членов-корреспондентов, президента, вице-президентов и главного ученого секретаря.

Основанная в эпоху перемен Метрологическая академия за прошедшие десятилетия превратилась во влиятельную общественную организацию, во многом определяющую развитие фундаментальной и прикладной метрологии не только в нашей стране, но и, без преувеличения, во всем мире.

Сегодня Академия насчитывает в своих рядах более пяти сотен действительных членов и членов-корреспондентов Академии — наших соотечественников, а также значительное количество почетных членов — видных ученых и организаторов науки, представляющих международные метрологические организации и научные центры Аргентины, Армении, Белоруссии, Великобритании, Германии, Голландии, Италии, Китая, Казахстана, Кубы, Республики Корея и других государств.

Достижения Академии и отечественной метрологии в целом многочисленны и весьма значимы. Приведу всего лишь два примера.

В 2021 г. Россия вышла на первое место в мире по количеству измерительных и калибровочных возможностей, признаваемых странами — участницами Метрической конвенции, подтвердив свой неоспоримый статус ведущей мировой метрологической державы.

А за год до этого в Конституцию Российской Федерации была внесена поправка, предложенная членами Президиума Метрологической академии: понятие «метрологическая служба», наряду со стандартами и эталонами, включено в новую редакцию Конституции.

Статусу Метрологической службы Российской Федерации и организационно-правовым аспектам ее существования посвящено несколько ярких концептуальных материалов этого сборника, но тематика юбилейного сборника этим не ограничивается. Мы видим, что научные и общественные интересы членов Метрологической академии, чьи работы составили этот том, весьма разнообразны: это и проблемы повышения точности измерений, и вопросы перехода на новые определения основных единиц международной системы СИ, и роль внутреннего метрологического надзора в обеспечении единства измерений в стране, и другие важные темы. Все без исключения работы, включенные в сборник, демонстрируют впечатляющий потенциал отечественной метрологии и перспективы научного поиска, доказывают, что российская метрология находится в блестящей научной форме — во многом благодаря неустанной работе Метрологической академии и ее лидеров.

Тридцать лет — время зрелости и расцвета. Пусть научный расцвет Метрологической академии длится как можно дольше!

Андрей Максимов,  
Председатель Комитета  
по науке и высшей школе  
Администрации Санкт-Петербурга



Дорогие друзья!

Благородная традиция отмечать юбилеи выдающихся ученых и крупнейших научных центров выходом сборников научных трудов, и отрадно подчеркнуть, что отечественные метрологи отмечают юбилей Метрологической академии, в том числе и выпуском этой книги.

Метрологической академии тридцать лет, и за эти годы она стала знаковой для научного сообщества, определяющей развитие метрологии и смежных дисциплин в нашей стране.

Заслуги и выдающиеся достижения Метрологической академии общеизвестны. Не будет преувеличением сказать, что практически все большие научные победы отечественных метрологов за последние десятилетия в той или иной степени связаны с Метрологической академией.

Члены-корреспонденты и академики Метрологической академии известны как в нашей стране, так и за ее пределами своими выдающимися научными достижениями, неподдельным творческим энтузиазмом и неравнодушием, интеллектуальным бесстрашием, разнообразием исследовательских интересов. Несомненно, все эти черты, свойственные российским метрологам, проявились и в работах, представленных в этом сборнике.

Дискуссионная секция «Пути развития системы обеспечения единства измерений в Российской Федерации», прошедшая в рамках Международного форума и выставки «МетролЭкспо» 9 сентября 2021 г. и организованная при непосредственном участии руководителей Метрологической академии, стала заметным событием в научной жизни, и нет сомнений, что этот юбилейный сборник также заинтересует тех, чья жизнь и профессиональная деятельность связаны с метрологией во всем ее многообразии.

Важно отметить, что проводимые мероприятия отвечают основным задачам проведения Десятилетия науки и технологий, определенным Указом Президента Российской Федерации.

И мне особенно приятно, что обе эти крупнейшие научные институции: Метрологическая академия, Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д. И. Менделеева — были основаны в нашем городе — городе, который по праву считается колыбелью науки и образования России.

Сердечно поздравляю всех российских метрологов с 30-летием Метрологической академии и 180-летием Всероссийского научно-исследовательского института метрологии имени Д. И. Менделеева и желаю новых научных побед!

С праздником!



*Владимир Окрепилов,  
Президент Метрологической академии,  
академик РАН*

Уважаемые коллеги! Дорогие друзья!  
Метрология, как известно, начинается с измерений. По шкале возраста жизни человека 30-летие — пора расцвета физических и духовных сил, время реализации больших надежд и планов.

Убежден, что для нашего общественно-общественного объединения «Метрологическая академия», созданного 30 лет назад, необходимо

применять иную шкалу измерений и оценок. Академия в 1992 г. объединила уже состоявшихся в метрологии специалистов, достигших больших успехов в науке и практической деятельности. Именно поэтому Академия не переживала пору младенчества и детства, а с первых шагов твердо стояла на ногах, доказывая свое право быть дееспособной и влиятельной организацией, позиция которой сразу стала учитываться при принятии всех важнейших решений в сфере обеспечения единства измерений в стране.

За 30 лет активной деятельности авторитет Метрологической академии еще больше упрочился. Сегодня без экспертного мнения членов Академии не рассматривается ни один закон или нормативный акт, затрагивающий метрологическую деятельность. Академия сама выступает инициатором прогрессивных изменений в сфере метрологии, предлагая свои научные обоснования и обобщая лучший практический опыт.

Вот лишь несколько знаменательных вех на этом пути:

- подготовка и обсуждение основополагающего Федерального закона РФ «Об обеспечении единства измерений» № 102-ФЗ, регулирующего основные направления метрологической деятельности;
- участие в разработке Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года;
- разработка Федеральной целевой программы «Эталон России»;
- принятие по инициативе Президиума Метрологической академии в 2020 г. поправки в Конституцию РФ, где метрологическая служба впервые отнесена к важнейшим предметам ведения Российской Федерации.

Сегодня мы можем с полным правом утверждать, что Метрологическая академия стала главным рабочим цехом метрологического сообщества России, где силами представителей ведущих научных институтов, вузов, организаций и предприятий проводятся наладка и испытания всех решений, которые определяют настоящее и будущее метрологии России.

Подготовленный к 30-летию Академии сборник дает наглядное представление о том, какие актуальные проблемы заботят членов Академии, какие пути их решения они предлагают.

Для Метрологической академии 30-летие — пора коллективной мудрости, которая служит лучшей гарантией ее успешной дальнейшей работы!

С праздником, дорогие друзья и коллеги!

**Владимир Окрепилов**

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ — 30 ЛЕТ ПОИСКОВ И ОБРЕТЕНИЙ**

Создание в 1992 г. Метрологической академии стало ответственной профессиональной реакцией на коренное изменение экономических условий развития страны в тот исторический период. Ведущие метрологи России, ученые и практики, посчитали своим долгом объединиться в общественную организацию, нацеленную на сохранение и приумножение мощного метрологического потенциала страны.

Создатели Академии руководствовались пониманием того, что научные и практические достижения в сфере метрологии являются составной частью интеллектуального фонда России, защита и дальнейшее накопление которого считается делом профессиональной чести и патриотической ответственности всех, кто связан с метрологической деятельностью и сознает ее огромное значение в деле модернизации экономики страны.

Учредительный съезд Метрологической академии состоялся 12 мая 1992 г. в Санкт-Петербурге. В нем приняли участие 132 делегата, представлявшие все регионы России, где были сосредоточены учреждения, занятые научными исследованиями в сфере метрологии. Проведению съезда предшествовали региональные учредительные собрания, в которых участвовали свыше 900 ученых и специалистов из более чем 60 организаций. На учредительных собраниях поддержали идею создания Метрологической академии, обсудили и в основном одобрили положения проекта Устава Академии.

На Учредительном съезде после детального обсуждения был принят Устав Метрологической академии, утверждена ее структура, избраны Президиум и руководство Академии. Первым президентом Академии стал заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Юрий Васильевич Тарбеев, с 1975 по 1997 г. работавший генеральным директором Всероссийского научно-исследовательского института метрологии имени Д. И. Менделеева. Этим избранием было подтверждено ведущее положение в сфере метрологии ВНИИМ — старейшего в России и одного из крупнейших и самых авторитетных метрологических центров в мире.

Не случайно создание Метрологической академии состоялось в канун 150-летия ВНИИМ имени Д. И. Менделеева, олицетворяющего не только всю историю развития системы единства измерений в России, но являющегося и сегодня главным центром метрологической науки в стране, где сконцентрированы многие основные современные государственные эталоны измерений и работают ведущие специалисты в области фундаментальной и прикладной метрологии.

При формировании состава Академии был заложен не только принцип привлечения в нее деятелей метрологической науки, но и обеспечено широкое представительство ученых других точных наук, руководителей и преподавателей крупнейших технических вузов, сотрудников, возглавляющих метрологические службы и работающих на предприятиях страны, специалистов в области информационно-измерительной техники. Это позволяет Академии обеспечивать синтез науки, высшей школы и реального сектора экономики при решении задач метрологического обеспечения промышленности, торговли, науки, обороны, всего социального комплекса страны.

Структура Метрологической академии задумывалась таким образом, чтобы в ней находило отражение представительство всех основных регионов России и ведущих научных направлений. В первые годы деятельности Академии в ее состав входили семь Региональных отделений (филиалов Академии) и три Координационных научных совета. Затем число и название отделений варьировалось, и в настоящий момент действуют восемь Региональных отделений, а число Координационных научных советов выросло до девяти.

Региональные отделения Метрологической академии:

Северо-Западное (центр — Санкт-Петербург),

Центрально-Европейское (Москва),

Поволжское (Самара),

Уральское (Екатеринбург),

Западно-Сибирское (Новосибирск),

Восточно-Сибирское (Иркутск),

Северо-Кавказское (Ростов-на-Дону),

Дальневосточное (Хабаровск)

Координационные научные советы Метрологической академии:

— по фундаментальным проблемам метрологии,

— по прикладным проблемам метрологии,

— по законодательной метрологии,

— по метрологии в физикохимии,

— по международному сотрудничеству,

— по образованию в области метрологии,

— по редакционно-издательской работе,

— по аналитическому исследованию потребности в развитии метрологии,

— по метрологии в медицине.

С момента создания в Академию было избрано около 1000 специалистов из 75 регионов России и ряда зарубежных стран. Было также предусмотрено избрание почетных членов Академии из числа лиц, имеющих особые заслуги в науке и руководстве метрологической деятельностью.

В состав почетных членов Метрологической академии в разное время были избраны руководители Госстандарта СССР и Росстандарта В. В. Бойцов, С. Ф. Безверхий, Г. П. Воронин, Б. С. Алешин, Г. И. Элькин, А. В. Абрамов, А. П. Шалаев, выдающиеся ученые с мировым именем, лауреаты Нобелевской премии по физике Н. Г. Басов, А. М. Прохоров, Ж. И. Алферов. Они, опираясь на свой огромный опыт и знания, активно участвовали в обсуждении насущных проблем отечественной метрологии, способствовали укреплению международного авторитета Метрологической академии.

Было принято специальное положение, которым предусматривалось включение в состав Метрологической академии коллективных и иностранных членов, в качестве которых могут выступать российские и зарубежные научные учреждения, общественные организации и предприятия, а также ученые, работающие в различных областях науки и техники, заинтересованные в сотрудничестве с Академией и использовании результатов ее деятельности.

Первыми иностранными членами Академии были избраны Президент Международного комитета мер и весов профессор Ж. Ковалевский (Франция), бывший Президент Международного комитета мер и весов профессор Д. Кинд (Германия), почетный директор Международного бюро мер и весов профессор П. Джакомо, лауреат Нобелевской премии профессор К. фон Клитцинг (Германия), директор Международного бюро мер и весов доктор Т. Квин, директор Института метрологии имени Дж. Колоннетти профессор Л. Кровини (Италия), один из ведущих теоретиков метрологии Великобритании профессор Б. Петли.



Высшим руководящим органом Метрологической академии является съезд. Для активного вовлечения всех членов Академии в ее деятельность, системного и всестороннего анализа состояния дел в сфере метрологии съезды проводятся на регулярной основе, практически ежегодно. Местом проведения съездов, как правило, является Санкт-Петербург, IV съезд Академии в 1996 г. состоялся в городе Королев (Московская область).

В период между съездами всей текущей деятельностью Академии руководит Президиум, заседания которого проводятся, как правило, два раза в год. На них рассматриваются такие важнейшие вопросы, как подготовка съездов, ход разработки стратегических документов, решения по финансово-хозяйственным вопросам, требующим участия всех членов Президиума.

Для повышения оперативности рассмотрения и решения актуальных вопросов в 2013 г. было создано Бюро Президиума, в состав которого включаются наиболее активные члены Президиума. В задачи Бюро входит решение важных текущих вопросов, попадающих в сферу компетенции Академии, но не требующих собрания всего Президиума.

На Учредительном съезде в 1992 г. были определены основные задачи деятельности Академии. Важнейшие из них:

- определение и обоснование приоритетных фундаментальных и прикладных проблем метрологии и теории измерений, содействие постановке соответствующих вопросов на государственном уровне;

- содействие в разработке концепций, принципов, новых методов и технических средств воспроизведения, поддержания, хранения и передачи размеров единиц физических величин рабочим средствам измерений;

- содействие повышению метрологической культуры и обеспечению единства измерений, выполняемых при реализации национальных проектов, при сертификационных и иных испытаниях продукции, в информационных технологиях, во всех отраслях промышленности и науки;

- содействие повышению профессионального уровня специалистов в области измерительной техники и метрологии, повышению квалификации и культуры измерений пользователей средств измерений;

- широкое разъяснение научно-практической и социальной значимости измерительной техники и метрологии;

- содействие защите интеллектуальной собственности членов Академии.

На регулярно проходящих съездах Академии ее задачи постоянно конкретизируются в соответствии с изменяющимися экономическими условиями. Так, на XIV съезде, прошедшем в 2010 г., при рассмотрении Программы деятельности Академии на 2010–2015 годы была выражена обеспокоенность членов Академии состоянием метрологического обеспечения науки, промышленности и обороны страны. Внимание руководства Правительства РФ и Федерального собрания РФ было обращено на необходимость опережающего развития метрологии для реализации стратегии тотальной модернизации научно-технологического и промышленного потенциала России.

В решениях XIV съезда была поддержана идея повышения самостоятельности и ответственности федерального органа по метрологии и стандартизации Ростехрегулирование в выполнении принятой Стратегии обеспечения единства измерений России до 2015 года. Члены Академии выразили готовность выступить общественными экспертами по ходу реализации данной Стратегии.

Со своей стороны Академия предложила создать программу фундаментальных исследований, направленную на разработку нового поколения исходных для страны

средств измерений высшей точности, провести анализ состояния измерений в отраслях экономики и определение на основе его результатов необходимых приборостроительных заданий по созданию новейших информационно-измерительных систем, приборов, материалов с заданными свойствами и заказов на их производство с использованием современных технологий, обеспечивающих новые качества средств измерений. В решениях этого съезда Академия также выступила за восстановление и совершенствование метрологического образования, увеличение подготовки специалистов-метрологов для метрологического обеспечения мероприятий Президентской программы модернизации экономики России.

На XV съезде Метрологической академии, прошедшем в декабре 2013 г., были рассмотрены организационные вопросы. Новым президентом Академии был избран доктор экономических наук, профессор, академик РАН Владимир Валентинович Окрепилов, работавший в тот период генеральным директором ФБУ «Тест-С.-Петербург» — крупнейшего регионального центра стандартизации и метрологии в системе Росстандарта. Съезд выразил благодарность первому президенту Академии Юрию Васильевичу Тарбееву за его многолетнюю деятельность по укреплению позиций и роли Академии в развитии отечественной метрологии и избрал Ю. В. Тарбеева почетным президентом Метрологической академии, которым он оставался до своей кончины в июне 2020 г.

Спустя два месяца, в феврале 2014 г., состоялся XVI съезд Метрологической академии, на котором были уточнены основные направления ее деятельности на ближайшие годы. В решении съезда была подчеркнута необходимость совершенствования эталонной базы России, что требует больших капитальных вложений. Для обоснования своей позиции было решено активизировать деятельность Академии на этом направлении, провести соответствующие исследования и посвятить рассмотрению проблем развития эталонной базы следующий съезд Метрологической академии.

На съезде была также отмечена необходимость участия Метрологической академии в формировании современного облика национальной системы измерений и развитии российской системы калибровки, актуальность которой усиливается вступлением России в ВТО. Перед Академией встает задача оказать содействие в превращении региональных центров стандартизации и метрологии, метрологических институтов в центры коллективного пользования и исследований.

Еще одним важным направлением, как отмечалось на съезде, должно стать повышение роли Академии в международном сотрудничестве, прежде всего в деятельности по обеспечению единства измерений в рамках государств — членов Таможенного союза. Было признано необходимым усилить сотрудничество с национальными метрологическими институтами стран Азиатско-Тихоокеанского региона, развитие и роль которых в экономике заметно укрепились в последние годы.

На протяжении всей деятельности огромный научно-исследовательский потенциал Метрологической академии активно использовался в разработке важнейших программ и других документов, определяющих развитие системы измерений в России на длительную перспективу. Среди них в первую очередь необходимо назвать:

- подготовку и обсуждение основополагающего Федерального закона РФ «Об обеспечении единства измерений» № 102-ФЗ, регулирующего основные направления метрологической деятельности;
- участие в разработке Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года;
- разработку Федеральной целевой программы «Эталоны России».

Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» № 102-ФЗ был принят в 2008 г. и существенно стимулировал развитие метрологической деятельности в стране. Но с годами практика его применения стала наталкиваться на ряд нерешенных проблем, которые тормозили прогресс в сфере метрологии. Проведенная Метрологической академией экспертиза позволила определить ряд ключевых проблем метрологического обеспечения ускоренной модернизации российской экономики. Среди них:

- недостаточное участие промышленных предприятий в финансировании работ по созданию новых средств измерений;
- отсутствие системного планирования и координации фундаментальных поисковых и прикладных метрологических исследований и разработок;
- отсутствие эффективных мер по совершенствованию инструментов государственной поддержки развития метрологической базы для обеспечения исследований и разработок в целях получения качественно новых прорывных результатов;
- недостаточность бюджетного финансирования разработок новых средств измерений;
- отсутствие законодательного регулирования принципов взаимоотношений между изготовителями средств измерений и их поставщиками на рынок, полного учета интересов приборостроительных предприятий для насыщения рынка современной измерительной техникой.

Экспертные оценки и предложения Метрологической академии были использованы при внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» № 102-ФЗ. Постепенно сложилась практика, при которой ни один новый законодательный акт или внесение изменений в уже действующие законы, затрагивающие сферу метрологии и единства измерений, не рассматриваются без обязательного экспертного заключения Метрологической академии.

Именно Метрологической академии было доверено выполнить в 2014–2016 гг. научно-исследовательскую работу «Стратегия-М», результаты которой стали основой для разработки Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года. НИР «Стратегия-М» проводилась большой группой ученых и метрологов-практиков под руководством Метрологической академии.

В рамках этой НИР были выполнены следующие работы:

- сделан анализ действующих нормативных правовых актов, направленных на обеспечение единства измерений (далее ОЕИ) в Российской Федерации;
- проведен мониторинг выполнения предыдущей Стратегии ОЕИ в России до 2015 года;
- подготовлен проект Стратегии ОЕИ в Российской Федерации до 2025 года.

Проведенные исследования и изучение документов позволили определить текущее состояние работ в области обеспечения единства измерений, в том числе состояние эталонной базы, парка средств измерений, финансовое обеспечение и степень интеграции в международную систему метрологии.

После рассмотрения и согласования в государственных структурах 19 апреля 2017 г. Стратегия обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года была утверждена Распоряжением Правительства РФ № 737-р.

Целью предложенной Академией Концепции Стратегии ОЕИ до 2025 года является создание системы, соответствующей по уровню лидерам среди промышленно развитых стран, базирующейся на отечественных независимых от импорта технологиях и приборной базе, полностью обеспечивающей единство всех измерений в сфере госрегулирования, исчерпывающую информированность общества об ОЕИ и доступность услуг, необходимых для построения инновационной экономики Российской Федерации.

В Стратегии ОЕИ определены приоритеты социально-экономического развития и национальной обороны и безопасности:

1. Концентрация государственного предпринимательства в отраслях, связанных с обеспечением обороноспособности и национальной безопасности, развитием инфраструктуры.

2. Сокращение избыточной части государственного и муниципального секторов экономики.

3. Расширение использования инструментов государственно-частного партнерства.

4. Осуществление рационального импортозамещения, снижение критической зависимости от зарубежных технологий и промышленной продукции.

5. Обеспечение равных условий конкуренции в тех секторах, где наряду с государственными функционируют частные компании.

6. Расширение механизмов саморегулирования.

В Стратегии ОЕИ были намечены ключевые мероприятия по реализации Стратегии до 2025 года, а также показатели развития системы ОЕИ, центральными из которых были определены целевые показатели, характеризующие удовлетворенность граждан, бизнеса и государственных органов системой ОЕИ.

На заседании Президиума Метрологической академии в июне 2021 г. в Москве было отмечено, что большинство заложенных в Стратегии ОЕИ мероприятий уже выполнено, и предложено не ждать следующие четыре года, а опираясь на результаты в рамках реализации Стратегии-2025, уже сейчас на базе Метрологической академии с участием всех заинтересованных сторон приступить к работе над подготовкой новой Стратегии.

В ходе выполнения Академией НИР по разработке Стратегии ОЕИ до 2025 года было показано, что одной из важнейших составляющих, характеризующих область метрологического обеспечения, является техническая оснащенность Государственной эталонной базы РФ.

Анализ создания новых и усовершенствованных государственных первичных эталонов позволил сделать вывод, что в период 2008–2015 гг. рост числа эталонов шел с опережением плана (предполагалось усовершенствовать и ввести в эксплуатацию 88 новых единиц, а фактически было введено и усовершенствовано 114 эталонов). При этом государственное финансирование этих работ велось в масштабах, значительно ниже запланированных.

Увеличение финансирования, по оценке Метрологической академии, является одним из основных направлений успешной реализации Федеральной целевой программы «Эталон России», в разработке которой Академия также приняла самое непосредственное участие. В то же время в исследованиях и предложениях Академии отмечалось, что необходимо рациональное сочетание мер финансового характера с системными мерами, обеспечивающими своевременную разработку новой эталонной базы и стандартных образцов новых средств и методов измерений, а также соответствующих нормативных правовых и нормативно-технических документов.

Особо стоит выделить участие Метрологической академии в обсуждении в 2020 г. поправок в Конституцию РФ. Президиум Академии обратился в рабочую группу по подготовке предложений о внесении поправок в Конституцию с инициативой о внесении в Конституцию государственного значения метрологической службы. Это предложение было детально мотивировано, поддержано сопредседателем рабочей группы по изменению Конституции заместителем президента РАН Т. Я. Хабриевой и членом рабочей группы членом президиума РАН директором Государственного Эрмитажа академиком М. Б. Пиотровским, внесено в качестве поправки в текст Конституции и одобрено при всенародном голосо-

нии. Его итогом стало среди прочих внесение изменений в пункт р) статьи 71, определяющей важнейшие предметы ведения Российской Федерации (таблица 1). Благодаря этому в Конституции РФ впервые закреплена роль метрологической службы, что имеет принципиальный характер для оценки ее значения и дальнейшего развития.

*Таблица 1. Изменения в статье 71, пункт р) в части, касающейся метрологической службы, при принятии поправок в Конституцию РФ в 2020 г.*

	Прежняя редакция	Новая редакция
<b>ГЛАВА 3. ФЕДЕРАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО</b>		
6	<b>статья 71:</b> р) метеорологическая служба, стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени; геодезия и картография; наименования географических объектов; официальный статистический и бухгалтерский учет;	<b>статья 71:</b> р) метрологическая служба, стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени; геодезия и картография; наименования географических объектов; метеорологическая служба; официальный статистический и бухгалтерский учет;

Метрологическая академия эффективно взаимодействует с Росстандартом и Росакредитацией по ключевым вопросам обеспечения единства измерений и развития этой системы в стране. Члены Академии входят в состав общественных советов этих государственных органов, участвуют в выработке предложений по совершенствованию их деятельности.

Одной из наиболее существенных научно-исследовательских работ Метрологической академии стало участие в подготовке правовой и аналитической информации при разработке экономической модели организационного развития и реформирования центров стандартизации, метрологии и испытаний — подведомственной структуры Росстандарта. Для выполнения НИР были привлечены ученые и специалисты, имеющие многолетний опыт работы в региональных ЦСМ. Анализ возможностей по реформированию сети центров проводился с учетом того, что предложения могут включать в себя изменения действующего законодательства РФ. Отчет о выполнении этой работы был рассмотрен на заседании Бюро Президиума в апреле 2018 г.

Академия последовательно проводит линию на пополнение своих рядов. За период 2013–2020 гг. были избраны:

32 действительных члена;

43 члена-корреспондента;

7 почетных членов, в том числе:

Питер Мейсон, президент Международного комитета законодательной метрологии;

Барри Инглис, президент Международного комитета мер и весов;

В. Н. Корешков, член Коллегии (министр) по вопросам технического регулирования Евразийской экономической комиссии Таможенного союза;

В. Л. Гуревич, директор Белорусского государственного института метрологии.

На XVII съезде Метрологической академии, состоявшемся в сентябре 2015 г., была утверждена почетная награда Академии — Большая золотая медаль имени Д. И. Менделеева. Медалью награждаются ученые, специалисты, организаторы производства, преподаватели, внесшие наиболее весомый вклад в развитие метрологии.

Первыми награжденными медалью имени Д. И. Менделеева стали почетный президент Метрологической академии Ю. В. Тарбеев, вице-президент Академии Л. К. Исаев, а также президент Международного комитета законодательной метрологии Питер Мейсон и президент Международного комитета мер и весов Барри Инглис, участвовавшие в работе XVII съезда Академии в Санкт-Петербурге.

Привлечению общественного внимания к значению метрологии в экономике России, публичному обсуждению принципиальных вопросов развития метрологии способствует системная работа Академии в сфере организации научно-практических конференций и общественных слушаний, участие в выставках, целенаправленная издательская деятельность.

Академия выступила инициатором проведения и организатором таких научно-практических конференций, как «Метрологическое обеспечение народного хозяйства России», «Международные и национальные аспекты экологического мониторинга».

Крупнейшим событием не только в сфере метрологии стало проведение 23–24 сентября 2015 г. в Санкт-Петербурге при деятельном организационном участии Метрологической академии Международной научно-практической конференции «Метрологическое обеспечение экономики в современных условиях». В ней приняли участие и выступили руководители всех основных федеральных государственных органов в области обеспечения единства измерений (Росстандарта, Росаккредитации и Роскачества), целый ряд ведущих метрологов России — членов Метрологической академии. Основные доклады об оценке значимости законодательной метрологии и о проблемах, стоящих перед международной метрологией, стандартизацией и аккредитацией в устранении технических барьеров в торговле, сделали президент Международного комитета законодательной метрологии Питер Мейсон и президент Международного комитета мер и весов Барри Инглис.

Начиная с 2019 г. состоялось уже четыре международных форума «Метрологическое обеспечение инновационных технологий», проведению которых Метрологическая академия оказывает ежегодно консультационную и организационную поддержку совместно с Российской академией наук и Санкт-Петербургским государственным университетом аэрокосмического приборостроения (ГУАП).

В последние два года в центр обсуждения на этом форуме при активном участии членов Метрологической академии были вынесены проблемы реорганизации метрологической деятельности в связи с усилением санкционного давления на Россию и последствиями пандемии, что повышает роль метрологии в создании современной приборной базы и выполнении оборонных заказов, ответственность специалистов за безупречное качество измерений и контроля при создании уникальной техники.



В связи с этим в последние годы значительно усилено внимание Академии к проблеме подготовки метрологических кадров. Она во многом определяет будущее отечественной метрологии, занимающей сегодня по количеству позиций, включенных в базу данных Международного бюро мер и весов и характеризующих признанные мировым метрологическим сообществом измерительные и калибровочные возможности (СМС), первое место среди всех стран. Но, как отмечалось на заседании Президиума Метрологической академии 9 июня 2021 г., такое положение не повод для эйфории. Для сохранения лидерства необходимо постоянное обновление измерительных возможностей. Удерживать это первенство в длительной перспективе предстоит тем, кто сегодня только начинает осваивать метрологические специальности.

Академия предприняла целый ряд действий, направленных на сохранение и развитие уже сложившейся в прежние годы системы подготовки метрологических кадров. В 2020–2021 гг. Президиум Академии занял принципиальную позицию, категорически возражая против планов сокращения подготовки метрологов, перевода их из укрупненной группы специальностей «Инженерное дело, технологии и технические науки» в укрупненную группу специальностей «Науки об обществе и человеке». Это создало бы серьезные риски снижения объемов изучения слушателями метрологических специальностей необходимых им технических дисциплин.

Позиция Президиума опиралась на обеспокоенность значительного числа членов Академии, прежде всего работающих в реальном секторе экономики. Она нашла поддержку в Министерстве промышленности и торговли РФ. В результате диалога с Министерством науки и высшего образования предложения Академии были учтены при формировании Перечня специальностей и направлений подготовки высшего образования по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры и другим программам, начиная с 1 сентября 2024 г., утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования 01.02.2022 г. В этом перечне метрологические специальности сохранены в укрупненной группе «Инженерное дело, технологии и технические науки» и отнесены к группе «Управление в технических системах» по специальности «Управление качеством, стандартизация и метрология». Это также позволит обеспечить соответствие кода подготовки специалистов, в частности метрологов, выполняемым ими на предприятиях реальным функциям и занимаемым должностям.

Внимание к вопросам подготовки профессиональных кадров остается одним из приоритетных направлений в деятельности Метрологической академии. Это тем более важно, поскольку, по экспертным оценкам, сегодня метрологическим специальностям обучается в четыре-пять раз меньше студентов, чем это требуется экономике.

Учету насущных требований реальной экономики помогает укрепление взаимодействия Метрологической академии с общественными организациями предпринимателей. В последние годы проведено несколько совместных мероприятий с Российским союзом промышленников и предпринимателей, развивается сотрудничество с региональными структурами РСПП, в частности с Санкт-Петербургским союзом промышленников и предпринимателей, объединяющим руководителей крупнейших предприятий города.

В октябре 2020 г. Академия совместно с Комитетом РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия организовала в Санкт-Петербурге круглый стол «Концепция совершенствования метрологического законодательства для инновационной экономики». Его инициатором также выступил Аналитический центр при правительстве Российской Федерации, организационную поддержку оказал ВНИИМ имени Д. И. Менделеева.

Участниками открытой дискуссии стали 170 специалистов из различных регионов России, что позволило обеспечить очно-дистанционный режим проведения круглого стола. Выработке позиции Метрологической академии и коллективных предложений по развитию нормативно-правовой базы в области обеспечения единства измерений предшествовало анкетирование среди членов Президиума и председателей Научных координационных советов Академии.

Оценка действующих и предлагаемых законодательных актов в сфере метрологии осуществляется членами Академии в режиме постоянного мониторинга отзывов и предложений по совершенствованию правовой базы. В 2021 г. этот вопрос обсуждался на заседании Президиума Метрологической академии. В его решении была поддержана оптимизация отдельных форм регулирования (испытания стандартных образцов, отмена сроков действия сертификатов на средства измерений и стандартные образцы).

В 2021–2022 гг. сотрудничество с РСПП было продолжено. Члены Академии принимали участие в деятельности рабочей группы по выработке изменений в действующем законодательстве, подготовке заключений на проекты ведомственных документов в сфере обеспечения единства измерений.

На обобщение богатейшего опыта и значительного вклада метрологии в развитие экономики и социальной сферы России направлена издательская деятельность Академии. Одним из наиболее ценных и востребованных фундаментальных трудов метрологов по праву является создание Российской метрологической энциклопедии.

Работа над первым изданием Энциклопедии была начата в 1999 г., книга вышла в 2001 г. под общей редакцией Ю. В. Тарбеева. Авторский коллектив объединил около 150 ученых и специалистов, представлявших все основные направления метрологии. Издание стало, по сути, срезом метрологической науки, охватывающим все виды измерений, на момент начала 2000-х годов.

Учитывая стремительное обновление метрологических знаний и законодательства в сфере измерений, на XVI съезде Академии в феврале 2014 г. было принято решение о подготовке второго издания Российской метрологической энциклопедии под общей редакцией В. В. Окрепилова. Оно было выпущено в сентябре 2015 г. в канун работы XVII съезда Академии и вышло в двух томах.

Этот уникальный коллективный труд существенно дополнил первое издание Энциклопедии. Сохраняя преемственность подхода к изложению материалов, сформировавшегося при работе над первым изданием, во втором еще более широкий авторский коллектив сконцентрировал усилия на обновлении и расширении информации о законодательстве и деятельности на всех ведущих направлениях развития метрологии. Во второе издание вошли статьи российских и ряда иностранных ученых, отражающие результаты новых исследований о значении метрологии и ее влиянии на экономику и другие сферы жизни.

Первый том Энциклопедии содержит статьи по истории и современному состоянию метрологии, раскрывающие суть теоретических, фундаментальных и прикладных вопросов науки, а также правовых, технических и организационных основ метрологической деятельности.

Во втором издании Энциклопедии было решено представить основных действующих лиц российской метрологии. Уникальность этого издания в том, что в результате кропотливой работы по сбору индивидуальной информации был подготовлен второй том, где опубликованы 440 биографий специалистов с указанием их практического и научного вклада в развитие метрологии. Тем самым Энциклопедия обрела новое качество, поскольку у ее читателей появилась возможность воспринимать развитие и достижения метрологии через призму конкретных человеческих судеб.



С учетом требования цифровизации всей деятельности была выпущена и электронная версия второго издания Российской метрологической энциклопедии, что дает возможность ее обладателям оперативно использовать весь огромный массив материалов Энциклопедии.

В 2016 г. Метрологическая академия выпустила еще один фундаментальный труд — прекрасно иллюстрированное издание «Выдающиеся метрологи России». Отдельные главы в этой большой книге подробно рассказывают о жизни и деятельности А. К. Нартова, Л. Эйлера, М. В. Ломоносова, А. Я. Купфера, Б. С. Якоби, В. С. Глухова, Д. И. Менделеева, Д. П. Коновалова, М. А. Шателена, В. В. Бойцова, В. О. Арутюнова и Б. М. Степанова. Этим изданием было выражено признание и особое уважение к деятельности людей, заложивших основу нынешнего мирового лидерства России в сфере метрологии.

Бесценный вклад выдающегося российского ученого Д. И. Менделеева в становление отечественной метрологии был отдельно обобщен в книге «Дмитрий Иванович Менделеев. Ученый. Метролог. Педагог», выпущенной в альбомно-книжной серии «Во славу российской науки» с участием Росстандарта в 2014 г. Основным автором этих книг выступил президент Метрологической академии В. В. Окрепилов.

Деятельность Метрологической академии направлена на то, чтобы сегодня российская метрология обладала самым высоким авторитетом на международной арене. Этому способствуют не только выдающийся вклад великих российских ученых в развитие мировой метрологии и уникальные современные измерительные возможности России, но и системное укрепление международных связей российских метрологов с их зарубежными коллегами. Члены Академии входят в состав ведущих международных организаций в сфере метрологии, принимают активное участие в работе крупнейших конференций, выставок и научных симпозиумов, представляя современные достижения российской метрологической науки и практики.

Свое 30-летие Метрологическая академия встречает с пониманием своей большой ответственности за состояние метрологии в стране и с желанием целенаправленно действовать в интересах социально-экономического развития России.

---

---

**Дмитрий Кузнецов**

## **О ВКЛАДЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ В РОССИЙСКУЮ МЕТРОЛОГИЮ**

В целях повышения эффективности реализации Министерством промышленности и торговли Российской Федерации своих полномочий в части выработки государственной политики в области обеспечения единства измерений и деятельности по нормативно-правовому регулированию в данной сфере необходимо привлечение к этой работе на постоянной основе специалистов — экспертов высокого уровня, обладающих как обширным практическим опытом, так и глубокими научными знаниями в области метрологии.

Сообществом таких экспертов как раз и является Метрологическая академия — добровольное самоуправляемое творческое объединение, членами которого состоят ученые метрологических институтов, профессора крупнейших технических университетов России, ученые РАН, других российских, зарубежных и международных академий, а также высококлассные специалисты, работающие в области теоретической, фундаментальной, прикладной метрологии и измерительной техники.

Такое уникальное сочетание компетенций позволяет Метрологической академии успешно обеспечивать синтез науки, промышленности и высшей школы для решения задач метрологического обеспечения в жизненно важных сферах экономики страны, обороны и безопасности, социального развития государства.

Трудно переоценить значение для развития отечественной метрологии фундаментальных научных трудов, выпускаемых Метрологической академией, ее многогранной экспертной и консультативной работы, а также просветительской деятельности. Весьма значим вклад Метрологической академии в подготовку высококвалифицированных специалистов-метрологов и укрепление сотрудничества с международными метрологическими организациями.

У Минпромторга России и Метрологической академии накоплен положительный опыт конструктивного взаимодействия по широкому кругу вопросов, имеющих важнейшее значение для развития метрологии в России.

При активном участии Метрологической академии был разработан и в дальнейшем утвержден Правительством Российской Федерации ключевой документ, определивший горизонт развития на ближайшую перспективу, — Стратегия обеспечения единства измерений Российской Федерации до 2025 года. На площадке Метрологической академии вырабатывались подходы к внесению изменений в базовый Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». С участием Метрологической академии разрабатывались изменения в Положение о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации, с учетом решений Генеральной конференции по мерам и весам о переопределении основных единиц через фундаментальные физические константы. Метрологическая академия поддержала предложения о формировании метрологической службы Российской Федерации, которые были разработаны в целях реализации новой редакции пункта р статьи 71 Конституции Российской Федерации. Метрологическая академия вместе с Минпромторгом России активно участвует в проводимой Минобрнауки России работе по формированию нового Перечня специальностей и направлений подготовки высшего образования в части подготовки бакалавров и магистров в области метрологии.

Наработанный Метрологической академией за тридцать лет работы весомый авторитет позволяет находить подходы к решению сложных вопросов, по которым зачастую имеют место противоположные мнения участников обсуждения. Не секрет, что к мнению Метрологической академии прислушиваются в органах государственной власти различных уровней, в научных кругах, на производстве.

Кроме того, живой интерес вызывают мероприятия, проводимые Метрологической академией. Например, организованная Метрологической академией дискуссионная сессия «Пути развития системы обеспечения единства измерений в Российской Федерации», которая состоялась в рамках Международного форума и выставки «МетролЭкспо-2021». По числу участников эта дискуссионная сессия успешно соперничала с пленарным заседанием форума, и это не случайно. Все члены профессионального сообщества твердо знают, что если вопрос обсуждается в Метрологической академии — это гарантия содержательной дискуссии с участием компетентных специалистов.

Говоря о дальнейших перспективах взаимодействия Минпромторга России и Метрологической академии, необходимо, на мой взгляд, выделить как минимум два основных направления: это проведение нормативно-правовых и организационных мероприятий по созданию метрологической службы Российской Федерации и разработка новой Стратегии обеспечения единства измерений Российской Федерации.

Несмотря на имеющийся высокий уровень взаимодействия между Минпромторгом России и Метрологической академией, убежден, что его можно и нужно продолжать развивать. Резервы, по моему мнению, следует искать, например, в направлении более активного привлечения Метрологической академии к проводимой Минпромторгом России работе по совершенствованию законодательства, включения представителей Метрологической академии в состав профильных рабочих (экспертных) групп. Опираясь на авторитет Метрологической академии, можно было бы вновь поднять вопрос введения в государственную наградную систему Российской Федерации исключенного из нее в 2010 г. почетного звания «Заслуженный метролог Российской Федерации», что послужило бы укреплению кадрового потенциала метрологических служб, подтверждению уникальности метрологии как самостоятельной научной дисциплины, повышению престижа профессии и в целом доверия российского общества к отечественной системе обеспечения единства измерений.

В преддверии 30-летнего юбилея Метрологической академии от души поздравляю коллег. Дальнейших вам творческих успехов и новых достижений в области точных измерений!

*Дмитрий Александрович Кузнецов — заместитель директора Департамента государственной политики в области технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.*

---

---

Евгений Лазаренко

## ОБ ОСНОВНЫХ ЗАДАЧАХ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕТРОЛОГИИ

Метрологическая академия всегда была опорой Федерального агентства метрологии при принятии решений в области законодательной метрологии. Ее предложения принимались во внимание при разработке Федерального закона об обеспечении единства измерений, при принятии Стратегии обеспечения единства измерений до 2025 года.

Надеюсь, сегодняшняя дискуссия поможет нам найти или обозначить цели, в соответствии с которыми будет развиваться система обеспечения единства измерений. Хочу пожелать всем успешной работы.

Говоря о развитии обеспечения единства измерений Российской Федерации, мы всегда делаем акцент на развитии законодательной метрологии, на нормативно-правовом регулировании, но цели, которые сегодня стоят перед нами, ставят акценты на развитии приборостроения и развитии эталонной базы России.

Начну свой доклад с развития эталонной базы Российской Федерации.

20 мая 2019 г. вступило в силу новое определение физических величин. Перед нами стоит задача развития государственных первичных эталонов. В настоящий момент у нас есть 160 первичных эталонов. Каждый год Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии ставит задачи по разработке и совершенствованию 12–14 эталонов. (Целевой показатель в рамках Государственной программы развития промышленности и повышения конкурентоспособности — десять эталонов.) В 2021 г. было поставлено 24 новых эталона. В соответствии с плановыми показателями часть работ над эталонами будет завершена уже в следующем году. При этом темпы, которых мы собираемся придерживаться, все равно недостаточны. Сегодняшнее количество совершенствуемых эталонов позволяет нам поддерживать средний возраст эталонной базы на уровне 9–9,5 лет, что не соответствует нынешним требованиям и скорости развития промышленности. Считается, что мы должны достигнуть показателя в пять лет, тогда мы будем соответствовать уровню развития науки и техники.

В рамках развития государственных первичных эталонов перед нами стоит задача по модернизации всех семи государственных первичных эталонов в рамках переопределения физических величин, и основная, наиболее сложная задача, стоящая перед нами, — создание полностью нового эталона единицы килограмма. Это наиболее наукоемкая, материалоемкая задача. Мы уже два года проводим научно-исследовательские работы по предварительным изысканиям. В настоящий момент нами получено два согласования, есть поддержка со стороны председателя правительства по постановке работы. Перед нами стоит задача получить согласование Министерства финансов.

В рамках постановки новых задач Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии в сентябре этого года возобновило работу комиссий по видам измерений. Распределение и закрепление полномочий этих комиссий таково.

Измерения геометрических величин	ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Измерения механических величин	ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

Измерения параметров расхода, уровня, вместимости, объема веществ	ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Измерения давления и вакуума	ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Измерения физико-химического состава и свойств веществ	ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Теплофизические и dilatометрические измерения	ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Измерения электрических величин	ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Измерения магнитных величин	ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Измерения времени, частоты	ФГУП «ВНИИФТРИ»
Координатно-временные измерения, гравиметрические измерения и измерения больших длин	ФГУП «ВНИИФТРИ»
Гидроакустические и гидрофизические измерения	ФГУП «ВНИИФТРИ»
Измерения параметров ионизирующих излучений и радиоактивности	ФГУП «ВНИИФТРИ»
Электрохимические измерения и измерения параметров аэрозолей	ФГУП «ВНИИФТРИ»
Измерения твердости металлов, физико-механических свойств строительных материалов, низкотемпературные и теплофизические измерения	ФГУП «ВНИИФТРИ»
Ультразвуковые и акустооптические измерения	ФГУП «ВНИИФТРИ»

Основная цель, которая стоит перед каждой из комиссий, — разработка научно-технических, методических и организационных подходов к обеспечению прослеживаемости и сопоставимости измерений, стандартизации и оценки соответствия в области обеспечения единства измерений на основе учета характерных особенностей объектов, методов и технических средств, применяемых в закреплённом за комиссией виде (области) измерений.

В этом году у нас обозначен достаточно серьёзный вид деятельности — это урегулирование вопроса по уточнению значения интервала между поверками. В прошлом году был принят приказ Министерства промышленности и торговли № 2907, который позволяет распространять интервалы между поверками на ранее введенные в эксплуатацию средства измерений. Предприятия Российской Федерации активно обращаются в Министерство промышленности и торговли, в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии в части урегулирования данного вопроса.

И первая задача, которую мы будем просить рассмотреть комиссии по видам измерений, — это рассмотрение вопроса возможности и целесообразности распространения интервалов между поверками на ранее введенные в эксплуатацию в целях уравнивания данных интервалов. У нас размах между интервалами составляет не то что не один-два года — а пять

и более лет, что ставит многие предприятия в неравные условия. В связи с этим встают серьезные задачи — подготовка и внесение изменений в приказ № 2907 в части проведения ресурсных измерений на надежность в целях назначения интервалов между поверками. Также за комиссиями по видам измерений будет оставлена их ключевая задача — формирование предложений по совершенствованию государственных первичных эталонов.

Неоднократно говорилось о необходимости консолидации приборостроительных предприятий. Насущной задачей является создание государственной метрологической службы. Целесообразность ее определена Конституцией Российской Федерации, необходимость ее определена запросами со стороны промышленности и отсутствием возможности прогнозирования, мониторинга, а самое главное — взаимодействия с уже существующими метрологическими службами предприятий промышленности.

Перейду к предложениям законодательства. Представлю мое видение тех основных направлений, по которым мы должны подготовить предложения.

И первое — это гармонизация нашего законодательства с документами Евразийской экономической комиссии. Все время поступают запросы о возможности взаимного признания результатов поверок единиц измерений. В Российской Федерации документами предусмотрена возможность в том числе периодической поверки, чего нет в документах стран СНГ, соответственно, данный вопрос надо обсуждать и выработать консолидированное решение.

Следующее направление — это испытания в целях утверждения типа.

Существует проблема наличия недобросовестных игроков на этом рынке. Мы видим, что один победитель тендеров и конкурсов в течение года выполняет более 300 тысяч поверок. Понятно, что это невозможно. Есть по этому поводу обращения предприятий, есть прецеденты, в том числе судебные, прекращения действия решений об утверждении типов средств измерения. Сразу хочу сказать, что речь в данном случае не идет о прекращении действия решений, принятых в прошлые годы. Средства измерений уже прошли поверку, используются в народном хозяйстве, участвуют в различных мероприятиях и т. д. Здесь основная задача — приведение в соответствие нормам этих средств измерений. Остановка действия происходит с момента принятия соответствующего решения.

Следующий вопрос — организация поверки средств измерений. Сегодня первичная поверка средств измерений проходит до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта.

Соответственно, при ответах на обращения мы чаще всего оперируем двумя понятиями: первичная поверка и периодическая поверка. Поверки после ремонта как таковой нет, и во всех наших документах, в том числе в приказе Министерства № 2510, поверка после хранения и после ремонта трактуется как периодическая поверка, потому что это средства измерения, которые уже введены в эксплуатацию и используются. Данная инициатива снимет противоречия, которые есть в 50-м постановлении Правительства Российской Федерации, когда под видом периодического ремонта средство выводится из периодической поверки и делается первичная поверка, иногда недобросовестно. Таких случаев достаточно много.

Следующий вопрос — повышение статуса и утверждение возможности указания стандартных справочных данных. Отмечу, что эту возможность и сейчас никто не отменяет. Но стоит закрепить законодательно, что стандартные справочные данные не должны использоваться при разработке методик измерения. Это является хорошим инструментом, который снимет экономические и трудовые затраты разработчиков и повысит статус стандартных справочных данных.

*Евгений Русланович Лазаренко — заместитель Руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.*

---

---

Лев Исаев

## О ФОРМИРОВАНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И О ПРОЕКТЕ ПОЛОЖЕНИЯ О НЕЙ

Метрологическая служба до 1992 г. называлась «Метрологическая служба СССР» и состояла из Государственной метрологической службы Госстандарта СССР и метрологических служб министерств и ведомств. Официального оформления Метрологическая служба СССР не имела, так как по сути являлась виртуальным объектом. В постановлении Совета Министров СССР № 273 от 4 апреля 1983 г. «Об обеспечении единства измерений» сказано однозначно: «Единство измерений обеспечивается Государственной метрологической службой, возглавляемой Государственным комитетом СССР по стандартам, и метрологическими службами министерств и ведомств». Кстати, постановление это перестало действовать на территории Российской Федерации только 21 февраля 2020 г. на основании постановления Правительства Российской Федерации № 80 «О признании не действующими на территории Российской Федерации актов СССР и их отдельных положений» от 3 февраля 2020 г., в соответствии с которым утратил силу 3621 акт СССР, принятый в период с 1923 по 1991 г. (постановление 1983 г. в перечне имеет № 2610). Все они содержали устаревшее регулирование либо имели статус действующих, но не применялись на практике, что было установлено при масштабном пересмотре документов — процедуре регуляторной гильотины.

Соблюдая требования преемственности, в законе Российской Федерации № 4871-1 «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993 г. статьей 4 государственное управление обеспечением единства измерений было возложено на Госстандарт России, что подразумевало в том числе руководство деятельностью Государственной метрологической службы и иных государственных служб обеспечения единства измерений.

В этой связи ошибочная подмена «метрологии» на «метеорологию» в статье 71 Конституции Российской Федерации, принятой 12 декабря 1993 г., не имела принципиального значения. Однако Указ Президента Российской Федерации № 314 от 9 апреля 2004 г., в соответствии с которым Госстандарт России был преобразован в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии и перешел из непосредственного подчинения Правительству Российской Федерации в подчинение Министерству промышленности и торговли, нарушил все вертикальные связи, а статья 4 закона Российской Федерации 1993 г. перестала действовать в федеральном масштабе. Реальная ситуация стала противоречить законодательству. С принятием же Федерального закона № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г., исключившего Государственную метрологическую службу из государственной системы обеспечения единства измерений, ситуация изменилась катастрофическим образом: метрологическая служба в масштабах страны выпала из законодательства и из федерального ведения.

Исключение Метрологической службы из законодательной сферы на федеральном уровне привело к ликвидации межрегиональной и межотраслевой координации деятельности по обеспечению единства измерений в Российской Федерации. Это привело к изменению метрологической инфраструктуры страны и резкому снижению эффективности проведения государственной политики в государственной системе обеспечения единства измерений.

С появлением возможности внесения соответствующей поправки в Конституцию в январе-феврале 2020 г. представители Метрологической академии подготовили ряд обращений в рабочую группу по подготовке предложений о внесении поправок в Конституцию Российской Федерации, которые были членами рабочей группы поддержаны. Указ Президента Российской Федерации № 445 от 3 июля 2020 г. «Об официальном опубликовании Конституции Российской Федерации с внесенными в нее поправками», в том числе содержащий поправку к пункту р статьи 71 Конституции Российской Федерации, установил, что:

«В ведении Российской Федерации находятся:

...р) *метрологическая служба* (здесь и далее выделено мною. — Л. К.), стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени; геодезия и картография; наименования географических объектов; *метеорологическая служба*; официальный статистический и бухгалтерский учет...»

Таким образом федеральное ведение метрологической службы страны вернулось в лоно законодательства.

Одной из главных задач метрологической службы страны является обеспечение единства измерений. На рис. 1 представлена российская система измерений, центральной частью (ЕЕ) которой является общая для приборостроения, потребителей и сферы метрологии область — обеспечение единства измерений.

Области 1-2, 1-3 и 2-3 являются сферой деятельности соответствующих метрологических служб, которые связаны с эксплуатацией и ремонтом средств измерений, их разработкой, технологией изготовления и испытаниями, с их поверкой и калибровкой, т.е. это те процессы, которые связаны с качеством результатов труда, с конкурентоспособностью продукции, экономической эффективностью деятельности потребителей измерительной информации. Особое значение для управления и принятия оптимальных решений имеет достоверность измерительной информации.

Обеспечение единства измерений не единственное предназначение метрологических служб (о чем в последнее время стали забывать) — достаточно вспомнить о роли метрологических подсистем в комплексных системах управления качеством продукции в СССР.

Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ гласит, что «метрологическая служба — юридическое лицо, подразделение юридического лица или объединение юридических лиц, либо работник (работники) юридического лица, либо индивидуальный предприниматель, либо подведомственная организация федерального органа исполнительной власти, его подразделение или должностное лицо, выполняющие работы и (или) оказывающие услуги по обеспечению единства измерений и действующие на основании положения о метрологической службе» (П. 12 в ред. ФЗ от 21.07.2014 № 254-ФЗ.). Вероятно, такое определение требует корректировки, более четкого описания прав и обязанностей метрологических служб в соответствующих положениях о них.

В системе обеспечения единства измерений в стране исторически существуют четыре государственных службы. Однако Федеральный закон № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. не предусматривает сохранения Государственной метроло-



Рис. 1. Российская система измерений



гической службы — одной из самых важных служб в системе экономики. При этом другие три службы: Государственная служба времени и частоты и определения параметров Земли (ГСВЧ и ОПВЗ), Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГСССД) и Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО), положения о которых утверждены Правительством Российской Федерации в соответствии с п. 11 статьи 21 Федерального закона № 102-ФЗ, — по-прежнему существуют. Необходимо внести соответствующие поправки в статьи 21 и 25 Федерального закона № 102-ФЗ.

В то же время Росстандарт как федеральный орган исполнительной власти осуществляет функции в областях деятельности, указанных в частях 3 и 4 статьи 1 Федерального закона, поэтому в соответствии с п. 1 статьи 22 тоже должен создать метрологическую службу «в целях организации деятельности по обеспечению единства измерений в пределах своей компетенции». Исходя из этого, основой Метрологической службы должны стать государственные научные метрологические институты и государственные региональные центры метрологии, территориальные органы федерального государственного метрологического надзора Росстандарта, а также ГССО, ГСВЧ и ОПВЗ, ГСССД. Научно-методическим центром метрологической службы может быть, как и ранее, ВНИИ метрологической службы, который еще в 1972 г. был определен как главный научный центр Метрологической службы страны. В этом случае в соответствии с п. 2 статьи 22 Федерального закона № 102-ФЗ Положение о Метрологической службе Росстандарта должен утвердить руководитель Росстандарта, предварительно согласовав его с Минпромторгом России. Однако, учитывая особую роль Росстандарта в системе обеспечения единства измерений в стране и принимая во внимание важность мониторинга состояния измерений в стране в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, а также учитывая региональную и отраслевую координацию деятельности в сфере обеспечения единства измерений, Положение о его Метрологической службе необходимо утвердить на уровне Правительства Российской Федерации.

По существу, это должно быть Положение о еще одной Государственной службе — Государственной метрологической службе. Это положение может иметь структуру уже утвержденных Правительством Российской Федерации положений о Государственных службах ВЧ и ОПВЗ, ССД и СО.

Основными задачами формируемой службы могли бы быть следующие:

- 1) координация практической деятельности по реализации государственной политики в области обеспечения единства измерений в соответствии с задачами и целями стратегического развития страны;
- 2) организация и проведение мониторинга состояния системы обеспечения единства измерений, прогнозирование измерительных потребностей экономики и общества;
- 3) координация деятельности по нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений, совершенствование базы законодательной метрологии;
- 4) координация деятельности и научно-методическое обеспечение метрологических служб;
- 5) ведение и совершенствование Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений;
- 6) межведомственная координация деятельности по разработке и производству измерительной техники в Российской Федерации.

Кстати, новое Положение об Управлении метрологии, государственного контроля и надзора по приказу № 339 от 15 марта 2021 г. «обеспечивает деятельность метрологической службы Федерального агентства», а в составе Управления имеется Отдел государственной метрологической службы и прикладной метрологии. (Здесь и далее выделено мною. — Л. И.)

Принципиально важно, что Стратегия обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации № 737-р от 19 апреля 2017 г., основана на концепции: «Система обеспечения единства измерений является элементом государственной инфраструктуры».

В связи с поправкой в Конституции появилась возможность формирования в стране современной метрологической инфраструктуры, которая включает в себя три уже существующие государственные службы, упомянутые выше.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации № 445 «Об официальном опубликовании Конституции Российской Федерации с внесенными в нее поправками» от 3 июля 2020 г. метрологическая служба как организационная структура возвращается в ведение Российской Федерации наравне со стандартами, эталонами, метрической системой и исчислением времени. Как было заявлено на сайте Минпромторга России 6 июля 2020 г., «государство как основной координатор деятельности в области обеспечения единства измерений окажет поддержку дальнейшему развитию российской метрологической службы в части централизованного руководства основными вопросами законодательного характера. Поправка позволит развить последующие законодательные инициативы, закрепляющие современные задачи метрологической службы, соответствующие национальным целям и стратегическому развитию страны».

Действительно, в соответствии со статьей 22 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» Минпромторг России только в какой-то мере координирует работу метрологических служб федеральных органов исполнительной власти и государственных корпораций, согласовывая положения об их метрологических службах, в которых устанавливаются права и обязанности, порядок организации и координации их деятельности. Метрологические же службы юридических лиц в стране от промышленности до здравоохранения (за редким исключением) не имеют поддержки со стороны Росстандарта и других органов исполнительной власти.

Конечно, реализация поправки в Конституции Российской Федерации потребует обновления нормативной базы. Прежде всего необходимо внести соответствующие поправки в Федеральный закон № 102-ФЗ. Необходимы новые документы по метрологическим службам, так как постановление Правительства Российской Федерации от 12 февраля 1994 г. № 100 «Порядок утверждения положений о метрологических службах федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц» было отменено без замены в 2008 г. с принятием Федерального закона № 102-ФЗ, а «Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц» (ПР 50-732-93) требует переработки.

На заседании Научно-технического совета ФГУП «ВНИИМС» 15 апреля 2021 г. был рассмотрен вопрос о формировании метрологической службы Российской Федерации и принято решение рекомендовать «инициировать обсуждение на площадке Метрологической академии с привлечением широкого круга метрологической общественности».

Настоящее выступление мы рассматриваем как начало этого обсуждения.

*Лев Константинович Исаев — научный руководитель направления ФГБУ «ВНИИМС» по законодательной метрологии и методическому руководству в деятельности ГРЦСМИ, профессор, вице-президент Метрологической академии.*

---

---

**Владимир Крутиков**

## **СИСТЕМНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕТРОЛОГИИ**

Вначале я подчеркну, что к мнению Метрологической академии как общественной организации прислушиваются как депутаты, так и чиновники, поэтому наше сегодняшнее мероприятие крайне актуально.

Вопросы, которые я хотел бы поднять, имеют отношение к системным проблемам отечественной метрологии на современном этапе.

В соответствии с действующим определением метрология есть наука об измерениях и их применении.

Сегодня в странах с развитой метрологией построение метрологической структуры однотипно. Возглавляет структуру Национальный метрологический институт (НМИ). Имеются назначенные институты (НИ), которые хранят эталоны, не находящиеся в ведении Национального института; также имеются организации, которые оказывают метрологические услуги, и соответствующие надзорные органы. В России метрологическая структура аналогична. Функции НМИ исполняет Росстандарт, функции НИ — ВНИИМ, ВНИИФТРИ, ВНИИОФИ и ВНИИМС. Метрологические услуги оказывают Региональные центры метрологии и аккредитованные организации. Функционирует Государственный метрологический надзор.

Однако ни в одной из ведущих в метрологическом отношении стран я не припомню существования национальной метрологической службы. Конечно, вопрос о создании национальной метрологической службы важен. Хорошо, что в Конституции зафиксировано существование метрологической службы, но как сделать ее находящейся в ведении Российской Федерации, пока никто не знает. Кроме того, у метрологов имеются значительные расхождения о ее статусе, функциях и структуре. Нужно сначала сблизить позиции. Поэтому сегодня решение по этому вопросу еще не созрело.

Другой важный вопрос — измерительные возможности.

С одной стороны, Россия теперь находится на первом месте по измерительным возможностям. Но никто не задается вопросом, каким образом мы оказались на первом месте. Еще несколько лет назад у американцев было 2000 измерительных возможностей, у нас 1700. Каким образом у США исчезли сразу несколько сотен измерительных возможностей?

Можно только догадываться. Соглашение о признании измерительных возможностей было подписано (в том числе мною) 21 год назад, и те измерительные возможности, которые были подтверждены 20, 15 лет назад, возможно, уже устарели и их уже нельзя обеспечить. Вероятно, американцы как честные метрологи заявили, что несколько сотен их измерительных возможностей требуют пересмотра, и отказались от них. А мы не отказались. И стоит ожидать, что аналогичный вопрос о пересмотре наших измерительных возможностей двадцатилетней давности может возникнуть и по отношению к нам. На заседаниях Бюро мер и весов об этом неоднократно говорилось, предлагалось ограничить срок измерительных возможностей десятью годами, а потом должен следовать их пересмотр и подтверждение.

Поэтому эйфории от нашего первенства пока поддаваться не надо.

Однако основной системной метрологической проблемой России, на мой взгляд, сего — дня является проблема Национального института метрологии России.

Если зайти на сайт Бюро мер и весов, вы увидите, что российским национальным метрологическим институтом является Росстандарт (не научно-исследовательский институт, а федеральный орган исполнительной власти). В то время как в других странах национальные метрологические институты — это именно научно-исследовательские организации, во главе которых стоят известные ученые, которые много лет занимаются метрологией, физикой, измерениями и глубоко вникли в метрологические аспекты. Их знают в зарубежной метрологии, они живут в метрологии. А что же в России?

Какое-то время Росстандарт пользовался советским наследием. В Росстандарте работала плеяда ученых-метрологов, ученых-практиков, крупных руководителей производств (В.В. Бойцов, Г.Д. Колмогоров, Л.К. Исаев, В.И. Пустовойт, Г.П. Воронин, Б.С. Алешин, В.Н. Крутиков, В.М. Лахов, Г.И. Элькин и др.). После Г.И. Элькина вот уже почти десять лет ученые-метрологи во главе Росстандарта не появляются. Длительное время учеными-метрологами не являются ни руководители Росстандарта, ни их замы, ни руководители Управления метрологии. За последние девять лет сменилось семь начальников Управления метрологии. Сегодня Управление метрологии, которое раньше составляло до трети численности сотрудников Росстандарта, называется Управлением метрологии, государственного контроля и надзора и насчитывает человек пятнадцать, не больше, часть из них исполняет надзорные функции, и не только в метрологии.

Сегодня именно это является важнейшей системной проблемой российской метрологии. Национальный институт метрологии России все дальше и дальше уходит из науки. А, как говорилось ранее, метрология — это прежде всего наука. И если мы не поймем опасность сложившегося положения, не найдем выхода из этой ситуации, мы рискуем оказаться в глубочайшем кризисе. К сожалению, стандартным путем, путем поиска нужных специалистов, решить эту проблему не удастся. Вузы перестали готовить соответствующих специалистов. Их неоткуда взять. Прежде чем человек станет специалистом-метрологом, работая на профильном предприятии, пройдет много времени. Человек взрослеет. А сегодня модно на руководящие посты назначать молодых. Целые отрасли возглавляют молодые юристы, экономисты, менеджеры и др., нет только соответствующих технических специалистов.

Это уже стало сказываться на принимаемых нормативно-правовых актах в области метрологии. В последнее время те, кто их пишет и принимает, далеки от метрологии и проблем метрологии. В составе принимающих решения советов (групп) подавляющее большинство руководители и замы, президенты и замы, чиновники и другие неметрологические специалисты. Они руководствуются главным образом планами принятия нормативно-правовых документов (НПД). В результате уже принятые документы либо не могут исполняться в установленном порядке, либо приводят к существенному нарушению основ метрологии. В частности, действующие НПД привели к полному стиранию различий между средствами измерений и эталонами. Сегодня, например, в соответствии с положениями нынешних НПД любое средство измерений может стать эталоном.

Метрология в РФ уже вплотную подошла к кризису, и если уже сегодня не начать предпринимать конкретных мер, в дальнейшем будет все трудней и трудней.

Что же делать?

Возможно, следует подробнее изучить опыт зарубежной метрологии. Возможно, случайно зарубежные коллеги пошли по пути создания национальных институтов метрологии на основе профильных НИИ. Не исключено, что они раньше нас поняли, что в среде чиновников не будет и не должно быть ученых. Возможно, из оставшихся трех российских институтов метрологии стоит выбрать один и законодательно определить

его национальным институтом метрологии России. Только, конечно, без бесполезного и даже вредного объединения институтов в один. Ведь известно, что за рубежом в таких случаях не объединяют организации, а наделяют их конкретными правами и определяют их «назначенными институтами», т. е. назначенными хранить и применять соответствующие эталоны.

Например, в Германии помимо Национального метрологического института имеется три назначенных, во Франции — четыре и т. д. Национальный метрологический институт в Германии наделен несколькими государственными функциями и находится в ведении Министерства экономики и технологий. Возможно, стоит подумать о том, чтобы статус национального метрологического института России также был достаточно высок.

В общем, время не ждет. Можно опоздать и потом, как уже бывало, начинать с нуля.

*Владимир Николаевич Крутиков — главный научный сотрудник ВНИИОФИ, вице-президент Метрологической академии.*

---

---

**Владимир Окрепилов**

**НАУКА ПОВЕРЯЕТСЯ ПРАКТИКОЙ**  
**О принципах работы и некоторых решениях руководящих органов**  
**Метрологической академии**

Принимая в 2013 г. эстафету руководства Метрологической академией от ее первого президента Юрия Васильевича Тарбеева, я в полной мере понимал особую необходимость синтеза представителей науки и практики в рядах Академии — принципа, заложенного ее основателями. Этому пониманию способствовала как моя собственная научная деятельность по созданию и развитию экономики качества — научного направления, в котором метрология выступает одним из важнейших элементов, так и опыт работы главным инженером ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, а затем в течение более 30 лет — генеральным директором Центра стандартизации и метрологии «Тест-С.-Петербург», где практические вопросы приходилось решать в тесной увязке с научными исследованиями.

Такой подход в полной мере сохраняется в современной деятельности Метрологической академии. На заседаниях Бюро и Президиума Академии, на съездах мы стремимся рассматривать весь комплекс актуальных проблем метрологии.

Чтобы не быть голословным, выделю несколько основных тем, которые были в центре внимания Академии и ее руководящих органов в последний период. Более подробно об этом говорится в других статьях этого сборника.

Так, на заседании Бюро Президиума Метрологической академии, состоявшемся 3 апреля 2018 г., были рассмотрены следующие основные вопросы:

1. О дальнейшем участии Метрологической академии в работе по реализации положений Стратегии обеспечения единства измерений в РФ до 2025 года (докладчики — вице-президенты Метрологической академии Л. К. Исаев и В. Н. Крутиков).

2. Отчет по проделанной работе в рамках темы «Разработка правовой аналитической и экономической Модели организационного развития Центров стандартизации и метрологии» (вице-президент Метрологической академии В. Н. Бас).

3. Методологические основы формирования метрологической корректности системы управления качеством лабораторной диагностики в Российской Федерации (член Президиума — Метрологической академии В. Л. Эмануэль).

4. О проблемах подготовки метрологов в высших учебных заведениях (заместитель директора ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» М. В. Окрепилов).

На заседании Бюро Президиума Метрологической академии, прошедшем 6 апреля 2021 г., были, в частности, обсуждены изменения в законодательстве РФ, вступившие в силу в 2020–2021 гг. в сфере обеспечения единства измерений (В. Н. Крутиков), новые критерии аккредитации юридических лиц на право деятельности в области обеспечения единства измерений (С. Г. Нежиховская, эксперт по аккредитации ООО «Метрэкспертиза»), вопросы метрологического обеспечения в сфере медицины (В. Л. Эмануэль), проблемы подготовки кадров по специальности «метролог» (Л. К. Исаев).

Заседание Президиума Метрологической академии 27 февраля 2019 г. состоялось в рамках конференции, посвященной 185-летию со дня рождения Д. И. Менделеева, в организации и проведении которой в ФГБУ «Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина» Метрологическая академия приняла самое активное участие.

На заседании Президиума были обсуждены проблемы развития эталонной базы РФ, подробно рассмотрена деятельность Координационного научного совета (КНС) Метрологической академии по метрологии в медицине. Решение об организации этого совета было принято в апреле 2018 г., и к январю 2019 г. были сформулированы направления деятельности, задачи КНС, определен состав участников. 16 января 2019 г. проведено первое заседание КНС, в котором приняли участие тринадцать членов Метрологической академии и шесть приглашенных специалистов, был выбран первоочередной объект обсуждения — Дорожная карта модернизации метрологического обеспечения в лабораторной диагностике.

Как показали дальнейшие события, связанные с распространением с конца 2019 г. пандемии коронавируса, создание КНС по метрологии в медицине оказалось своевременным и перспективным решением, что позволило получать на заседаниях Бюро и Президиума Метрологической академии по сообщениям председателя КНС В. Л. Эмануэля актуальную информацию о состоянии и проблемах диагностической базы, проводить обсуждение возникающих спорных вопросов в деятельности организаций, осуществляющих лабораторную диагностику заболеваний.

Повестка заседания Президиума Метрологической академии 16 октября 2019 г. включала вопросы регуляторной гильотины, цифровизации в сфере метрологии, информацию об итогах симпозиума Международной конфедерации по измерительной технике и приборостроению (ИМЕКО). Особое внимание было уделено обсуждению возможных изменений законодательства в сфере метрологии, вызванных деятельностью в рамках регуляторной гильотины. Участниками дискуссии были высказаны опасения о том, что предстоящие реформы могут негативно сказаться на обеспечении единства измерений в России.

Эта острая тема получила дальнейшее развитие. В октябре 2020 г. Метрологическая академия провела среди членов Академии, ведущих специалистов-метрологов анкетирование по проблеме «Совершенствование законодательства в области обеспечения единства измерений». Анкета включала десять вопросов, сформулированных на основе предложений, поступивших в рабочую группу по реализации механизма регуляторной гильотины в сфере обеспечения единства измерений. Было выявлено существенное расхождение во мнениях пятнадцати участников опроса. Члены Метрологической академии проявили консерватизм и осторожность в отношении предложений, связанных с сокращением сферы госрегулирования, переопределением понятий, декларированием соответствия средств измерений. Позитивным было отношение к переходу на регулирование через установление перечня средств измерений (по аналогии с действующей в Европейском союзе Measuring Instruments Directive No 32/2014). С позиций регуляторной гильотины была поддержана оптимизация отдельных форм регулирования (испытания стандартных образцов, отмена сроков действия сертификатов на средства измерений и стандартные образцы). Эти предложения были зафиксированы в решении Президиума Академии.

На заседании Президиума 21 декабря 2021 г. был, в частности, рассмотрен вопрос «Роль внутреннего метрологического надзора в обеспечении единства измерений в Российской Федерации». С докладом выступила Р. И. Генкина (ФГУП «ВНИИМС»). Это сообщение было связано с тем, что с 1 июля 2021 г. вступили в силу Федеральный закон № 248-ФЗ от 30 июня 2020 г. «О государственном (муниципальном) контроле (надзоре)» и новое «Положение о федеральном государственном метрологическом контроле (надзоре)».

По мнению авторов закона, его реализация позволит перевести деятельность контрольно-надзорных органов с «карательного» на превентивный подход. Такой подход означает, что деятельность контрольно-надзорных органов должна превратиться в один из элементов

управления сферой общественных отношений. Большая часть работы инспекторов должна быть посвящена именно профилактической деятельности — предотвращению нарушений или их скорейшему исправлению.

Законом предполагается уменьшение интенсивности контрольно-надзорной деятельности с помощью механизма добровольного мониторинга.

Поскольку вступивший в силу закон № 248-ФЗ от 30 июня 2020 г. затрагивает деятельность всей системы обеспечения единства измерений, Президиумом Метрологической академии было принято решение проанализировать практику его применения и обратиться не ранее второй половины 2022 г. к обсуждению полученных результатов для оценки эффективности действия принятого закона.

Наконец, еще об одном важном решении, инициаторами принятия которого выступили члены Президиума Метрологической академии. Речь идет о внесении в Конституцию РФ в 2020 г. после всенародного голосования поправки, впервые закрепившей (глава 3 «Федеративное устройство», статья 71, пункт р) роль метрологической службы как важнейшего предмета ведения Российской Федерации. Такое изменение, сделанное в Основном законе страны по инициативе Президиума Академии и поддержанное рабочей группой по подготовке предложений о внесении поправок в Конституцию, предполагает дальнейшее совершенствование структуры управления метрологической деятельностью в России, уточнение стоящих перед ней задач, принятие законодательных актов, четко регулирующих эту деятельность в стране и ее взаимосвязь с другими субъектами права, отвечающими за обеспечение единства системы измерений.

Метрологическая академия и ее руководящие органы глубоко сознают свою роль и ответственность в обеспечении развития метрологии как комплексной системы, включающей научные исследования и разработки, создание эталонов и разнообразных средств измерений, деятельность региональных центров стандартизации и метрологии, работу метрологических служб в организациях и на предприятиях, а также учебных заведений, готовящих кадры по метрологическим специальностям. Действующая структура управления Академией позволяет нам совместно вырабатывать научно обоснованные и проверенные практикой предложения и решения по дальнейшему всестороннему совершенствованию отечественной метрологии.



Леон Бабаджанов, Марианна Бабаджанова, Татьяна Корюшкина

## СОСТОЯНИЕ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Неразрушающий контроль (НК) качества материалов и изделий широко применяется в промышленности. В рамках НК используется широкий спектр методов и средств измерений, основанных на различных методах неразрушающего контроля [1, 2].

За последние три десятилетия ФГБУ «ВНИИМС» выполнен ряд работ в области неразрушающего контроля, в том числе по поверке и калибровке, которые отражены в большом количестве статей и пяти монографиях [1–5].

Работа в области измерений геометрических размеров методами НК, проводимая в ФГБУ «ВНИИМС», прежде всего распространяется на измерение следующих параметров: толщина покрытий, геометрические параметры поверхностных дефектов в виде несплошности материала (ширина, глубина, длина), толщина листовых материалов.

В связи с тем, что измерить все перечисленные параметры одним средством измерений с необходимой точностью невозможно, для поверки применяют разные подходы, методы и средства измерений.

С целью оптимизации состава средств поверки в ФГБУ «ВНИИМС» создан специальный эталонный комплекс (ЭК) [7], включающий в себя средства измерений (СИ) различных принципов действий (профилографический, оптический, механический). СИ, входящие в ЭК, применяются как для поверки мер толщины покрытий (МТП) и мер толщины материалов, так и для поверки мер поверхностных дефектов (МПД).

В таблице 1 показаны диапазоны измерений различных мер и ЭК. Из таблицы 1 видно, что эталонный комплекс по своим метрологическим характеристикам соответствует характеристикам мер, что позволяет проводить их поверку.

Порядок передачи единицы длины средствам НК при поверке хорошо демонстрируют действующие поверочные схемы для средств измерений толщины покрытий [6], параметров (глубины, ширины, длины) поверхностных дефектов [7] и толщины материалов [8].

Таблица 1. Диапазоны измерений и допускаемые погрешности ОПД, МТП и ЭК

Название параметра	Диапазон измерений, мм	Пределы допускаемой погрешности, мм	
		Меры	ЭК
глубина дефекта	от 0,08 до 12,8	от $\pm 0,005$ до $\pm 0,50$	от $\pm 0,0017$ до $\pm 0,17$
ширина дефекта	от 0,015 до 1,5	от $\pm 0,001$ до $\pm 0,05$	от $\pm 0,0003$ до $\pm 0,017$
длина дефекта	от 0,5 до 50	от $\pm 0,05$ до $\pm 5$	от $\pm 0,017$ до $\pm 1,7$
толщина покрытий	от 0,005 до 20	$(0,02X+0,15)$	от $\pm 0,0017$ до $\pm 0,17$
толщина материалов	от 0,05 до 1000	от 0,001	от $\pm 0,0002$ до $\pm 0,00012$

Рассмотрим несколько примеров передачи единицы длины средствам НК.

Для поверки толщиномеров покрытий применяются эталонные МТП следующих типов: МП на МО, МП на НТО, НТП на МО, НТП на НТО, ИТП. Их конструкции и характеристики достаточно полно представлены в [3, 5]. Для каждого толщиномера покрытий существует утвержденная методика поверки. Поверка толщиномеров проводится путем прямых измерений МТП и сравнения результата измерений с действительным значением МТП.

Поверка МТП проводится в основном профилометрическим методом. На рис. 1 показан пример профилограммы, полученной в результате измерений толщины покрытия МТП на профилометре при поверке. Помимо определения действительного значения толщины покрытия, профилограмма наглядно показывает распределение толщины покрытия и демонстрирует качество покрытия.

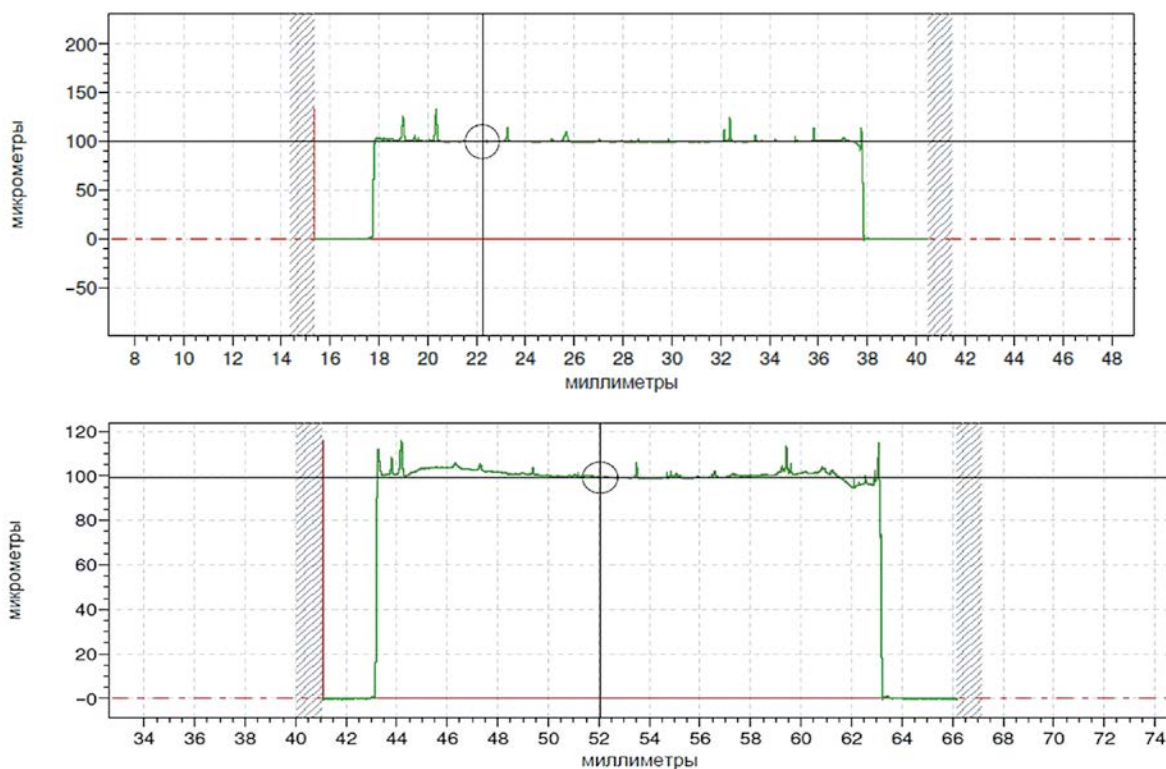


Рис. 1. Профилограммы МТП в ортогональных сечениях

В системе метрологического обеспечения измерений геометрических параметров поверхностных дефектов для поверки дефектоскопов и дефектомеров различных принципов действия применяются разнообразные МПД [1, 2, 4]. Они отличаются между собой по форме, габаритам и числу искусственных дефектов. На МПД сформированы искусственные дефекты, которые имеют разнообразный вид, например сверление или прорезь. Наибольшее распространение получил искусственный дефект в виде прорези, который воспроизводит такие геометрические параметры, как глубина, ширина (раскрытие) и длина (протяженность) дефекта. Для искусственных дефектов типа несквозного сверления воспроизводимыми параметрами являются диаметр и глубина сверления.

На рис. 2 показан пример измерения профилометрическим методом глубины и ширины искусственного дефекта в виде прореза на МПД. На профилограмме маркерами обозначены точки профиля при измерении глубины искусственного дефекта.

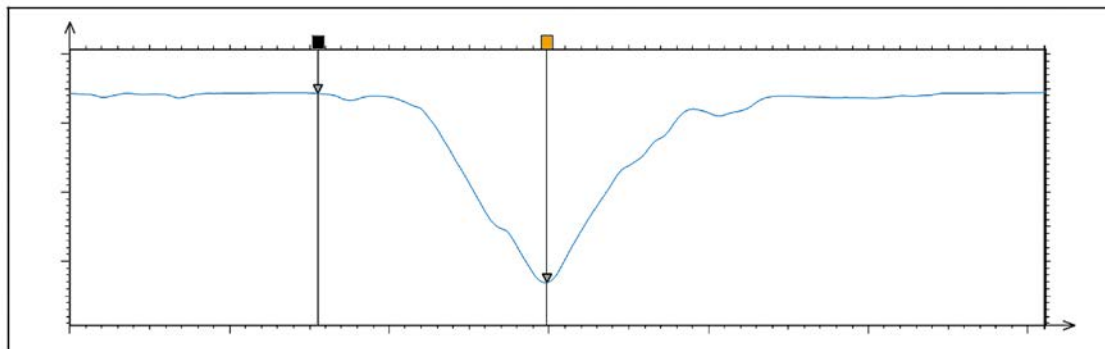


Рис. 2. Профилограмма искусственного дефекта на МПД (наружное кольцо подшипника 42726) при измерении глубины и ширины прибором Form Talysurf

Полученные профилограммы толщины покрытия и искусственного дефекта (прорез) позволяют наглядно оценить характер профиля, определить геометрические размеры и принять объективное решение по поверке о годности данного образца.

Малогабаритные (транспортабельные) МТП и МПД поверяют в поверочных лабораториях. Поверку крупногабаритных МПД проводят непосредственно в местах их расположения.

Для поверки толщиномеров материалов различных принципов действия, включая точные системы для контроля стального листового проката, применяют наборы мер толщины материалов [9]. Данные меры отличаются своей конфигурацией и воспроизводят толщины различных материалов. Поверку мер проводят с помощью контактных механических приборов из состава ЭК путем прямых измерений.

С 2019 по 2021 г. в ФГБУ «ВНИИМС» прошли поверку большое число СНК, которые можно объединить в шесть групп, представленных в таблице 2. Из таблицы видно, что число прошедших поверку СНК по годам увеличивается.

Таблица 2. Средства неразрушающего контроля, прошедшие поверку в ФГБУ «ВНИИМС» с 2019 по 2021 г.

№№	Средства неразрушающего контроля	Поверка		
		2019	2020	2021
1	Меры толщины покрытий МТП (набор)	46	35	45
2	Меры толщины (набор)	3	2	–
3	Толщиномеры разные	69	135	76
4	Меры и образцы поверхностных дефектов (набор)	24	27	43
5	Дефектоскопы разные	35	37	63
6	Измерители износа стальных канатов	230	196	248
Итого		307	432	475

## **Выводы**

1. Средства измерений геометрических размеров (толщина покрытий, толщина материалов, параметры наружного дефекта) методами неразрушающего контроля обеспечены поверкой.

2. Средства измерений, включенные в эталонный комплекс для передачи единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностных дефектов, позволяют проводить поверку как образцов поверхностных дефектов, так и мер толщины покрытий и материалов.

## **Литература**

1. Асташенков А.И., Бабаджанов Л.С., Иванов В.С., Клюев В.В., Лахов В.М., Соснин Ф.Р. Измерения. Контроль. Качество. Неразрушающий контроль. Справочник технического комитета. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002.

2. Клюев В.В., Бабаджанов Л.С., Соснин Ф.Р., Филинов В.Н. и др. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. М.: Машиностроение, 2004.

3. Бабаджанов Л.С., Бабаджанова М.Л. Метрологическое обеспечение измерений толщины покрытий. Теория и практика. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.

4. Бабаджанов Л.С., Бабаджанова М.Л. Меры и образцы в области неразрушающего контроля. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007.

5. Сясько В.А., Потапов А.И., Голубев С.С., Гоголинский К.В., Бабаджанов Л.С. Неразрушающий контроль качества покрытий и его метрологическое обеспечение. Том XII: Стандартизация и метрологическое обеспечение неразрушающего контроля покрытий. СПб.: Политехника принт, 2019.

6. Р 50.2.006–2001 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений толщины покрытий в диапазоне от 1 до 20000 мкм.

7. Бабаджанов Л.С., Бабаджанова М.Л., Корюшкина Т.А. Эталонный комплекс для передачи единицы длины в области измерений геометрических параметров поверхностных дефектов // Главный метролог. 2018. № 3. С. 67–73.

8. ГОСТ Р 8.763–2011 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от  $1 \cdot 10$  до 50 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм.

9. Бабаджанов Л.С., Бабаджанова М.Л., Жиликова А.В., Прилепко М.Ю. Наборы мер толщины стального проката // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2012. Т. 78. № 12. С. 75–78.

*Леон Сергеевич Бабаджанов — главный научный сотрудник ВНИИМС, профессор, академик Метрологической академии.*

*Марианна Леоновна Бабаджанова — начальник лаборатории обеспечения единства измерений геометрических параметров методами неразрушающего контроля ВНИИМС.*

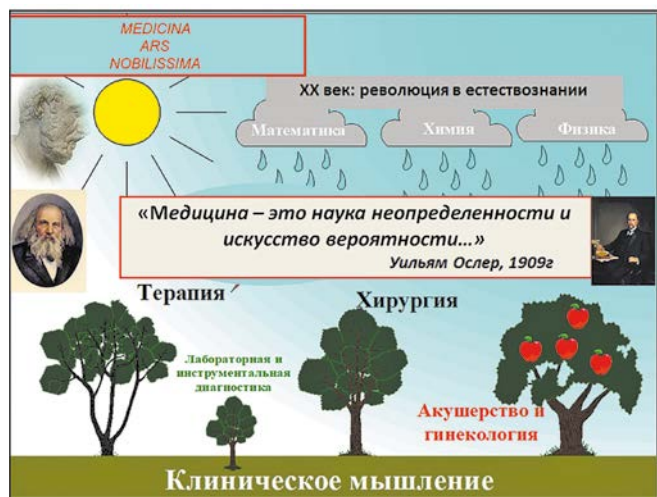
*Татьяна Александровна Корюшкина — научный сотрудник ВНИИМС.*

Максим Вонский, Леонид Конопелько, Григорий Нежиховский, Владимир Суворов,  
Анна Чуновкина, Владимир Эмануэль

## ВОПЛОЩЕНИЕ ЗАПОВЕДЕЙ ДМИТРИЯ ИВАНОВИЧА МЕНДЕЛЕЕВА ПЕТЕРБУРГСКИМИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЯМИ В МАСШТАБАХ ЕГО РОДИНЫ

История — лучший сценарист и режиссер. Анализ событий последних нескольких лет, особенно в условиях пандемии, отчетливо свидетельствует о прозорливости высказывания великого Луи Пастера: «Я заклинаю вас, заботьтесь об этих священных жилищах, которые выразительно называют л а б о р а т о р и я м и. Требуйте, чтобы число их множилось и чтобы их оснащали. Это храмы будущего богатства и благосостояния, отсюда человечество взрослеет, набирает силы и становится лучше».

Действительно, в начале XX столетия достижения естественнонаучных дисциплин обусловили потребность наиболее продвинутых клиницистов различных медицинских специальностей (терапевтов, хирургов, акушеров-гинекологов) к применению объективных признаков при диагностике тех или иных заболеваний, прежде всего по анализу состава и свойств биологических материалов, взятых из организма человека. Это направление к концу XX столетия получило название «лабораторная медицина».



Так появилась несколько иная парадигма медицины. На смену доминирующей долгое время, имеющей многовековую историю концепции «MEDICINA ARS NOBILISSIMA», т.е. «медицина — высочайшее из искусств», пришло лаконичное определение, сформулированное канадским терапевтом У. Ослером: медицина — наука неопределенности... и искусство вероятности. Иначе говоря, медицина — это прежде всего разгадка неопределенности, т.е. постановка правильного диагноза, а далее — искусство воздействия на патологический процесс. Но как только появи-

лось представление о медицине как о науке, Дмитрий Иванович Менделеев справедливо напомнил, что «наука начинается там, где начинается измерение!». Иначе говоря, медицина — это во многом «измерения» анализов в биологических материалах, которые и определяют диагностическую информативность разнообразных лабораторных признаков. За одно столетие медицина получила огромный арсенал различных технологий для изучения биологических материалов: различные варианты фотометрии, иммунохимические технологии, биофизические методы, хроматографический анализ, характеризующий как состав макроорганизма, так и микробиоты, и, наконец, молекулярно-генетические технологии, позволяющие оценивать многочисленные аспекты различных «омиксов». Чувствительность современных методов поистине фантастическая:  $10^{-24}$  или даже  $10^{-27}$ .

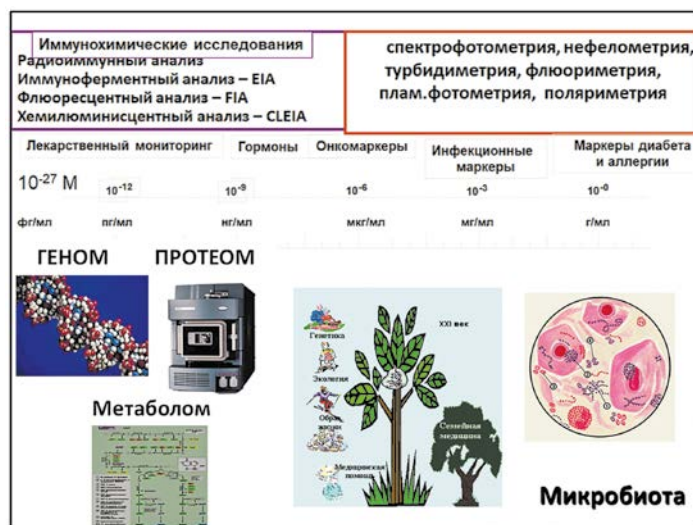
Такой триумф этого направления человеческой деятельности был прозорливо предсказан великим отечественным философом и экономистом Н.Д. Кондратьевым, который еще в 1938 г. по результатам проведенного им анализа технологических циклов развития цивилизации (паровой двигатель, электроэнергетика и т.д.) сформулировал вероятность «революции в биологии и медицине» с 2020 г. Эту революцию фактически мы переживаем. Лабораторная диагностика стала драйвером клинической медицины, особенно высокотехнологических методов лечения.

Однако эффективность современных медицинских технологий сопряжена с увеличением рисков при оказании медицинской помощи. Так, ошибки лабораторной диагностики в 7% случаев приводят к неправильной тактике лечения и, следовательно, к самым негативным последствиям. Почти в 20% случаев ошибки лабораторной диагностики обуславливают негативные медико-социальные последствия: проведение дополнительных исследований и, соответственно, увеличение финансовых расходов.

В период формирования самостоятельного вида деятельности — клинической лабораторной диагностики — Альберт Эйнштейн саркастически высказывал «лирикам»: «Точные науки делают то, что можно и так, как надо, а прикладные — то, что надо, но так, как можно!» Действительно, измерения в практическом здравоохранении прежде всего направлены на оценку состояния конкретного организма и в меньшей степени на поиск общебиологических закономерностей. Поэтому главным условием использования результатов лабораторных исследований является их сопоставимость во времени и пространстве! То есть однажды измеренное — применимо везде и всегда! Исторический факт: доктор из Филадельфии Виллиам Сандерман в 1947 г. организовал небольшую рабочую группу по проведению сравнительных измерений пулов одного образца крови в различных лабораториях Филадельфии и Пенсильвании. Результаты были обескураживающие. Это и послужило началом организации и развития схем межлабораторного сравнения.

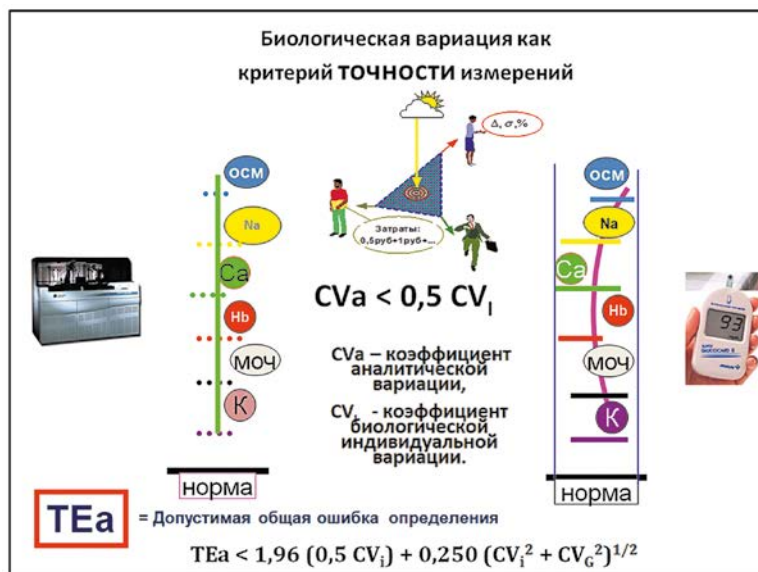
В основополагающем международном стандарте GLP «хорошей лабораторной практики» ISO 15189 «Лаборатории медицинские. Требования к качеству и компетенции» имеется требование (раздел 5.7.1): лаборатория должна иметь процедуру для обеспечения рассмотрения результатов исследований перед их выдачей путем их оценки при сравнении с внутрилабораторным контролем качества и, если возможно, с результатами предыдущих исследований.

Понятно, что измерять нужно точно, но не точнее, чем нужно! Какой принцип использовать для поиска «требуемой точности»? В 1999 г. международное сообщество предложило использовать так называемую «биологическую вариацию», т. е. изменчивость величины того или иного параметра организма, наблюдаемого в физиологических условиях у индивидуума (i) или популяции в целом (g), получившую обозначение — CV i% и CVg%. Это достаточно изящный подход, поскольку именно изменчивость состава внутренней среды под влиянием изменяющихся условий существования и обеспечивает устойчивость живых систем.



Эти значения биологической вариации определяют и величины так называемой общей допустимой ошибки измерения того или иного анализата (TEa%).

На слайде эти параметры проиллюстрированы схематично: слева — биохимический «скелет» здорового организма, устойчивость которого обусловлена адаптационной изменчивостью основных компонентов внутренней среды (Na, K, Hb и др.). Справа — неустойчивый организм, уже «поверженный» каким-то недугом, и колебания составляющих его биохимический скелет стали существенно больше, чем в организме здорового. Чтобы констатировать произошедшее «расшатывание» организма, нужно определять эти компоненты «скелета» «технологиями», по меньшей мере в два раза более точными, чем величина биологической вариации. Интересно, что результаты определения значений конкретных компонентов «скелета» могут оставаться в пределах значений здорового организма, т. е. формальный бланк лабораторных данных не будет отражать патологию.



Интересно, что результаты определения значений конкретных компонентов «скелета» могут оставаться в пределах значений здорового организма, т. е. формальный бланк лабораторных данных не будет отражать патологию.

Это научное обоснование констатации необходимой точности позволяет более конкретно разделить сферу ответственности за конечный результат измерений при *in vitro* исследованиях. Как правило, конечный результат измерения величины (количества) того или иного анализата является результатом сравнения физической в аналитической системе, относительной плотности, например, при исследовании биологической пробы и коммутационной пробы с установленным содержанием анализата — калибратором.

Так, применение калибраторов для каждого медицинского изделия IVD с измерительными функциями, которые не являются СИ, позволяет гармонизировать весь «оркестр» измерительных технологий, доля которых в практике клиничко-диагностических лабораторий составляет около 80% всего объема исследований. Калибратор является основным средством измерения, передающим единицу измерения. Таким образом, качество измерений, осуществляемых в повседневной медицинской практике, зависит от соблюдения производителями МИ IVD требований ISO 13485–2017 «Системы менеджмента. Требования для целей регулирования» при производстве МИ и передачи прослеживаемости при производстве калибраторов.

Развитию метрологического обеспечения лабораторной медицины в РФ посвящен и приказ МЗ РФ от 11.01.2017 г. № 19, согласно которому калибраторы и контрольные материалы отнесены к медицинским изделиям, т. е. требуют «описания измерительных процедур, метрологической прослеживаемости значений калибраторов и контрольных материалов» при регистрации в Росздравнадзоре. В унисон этому недавно принятое Постановление Правительства РФ от 16.11.2020 г. № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений»

констатирует, что в сфере лабораторной диагностики необходимо обеспечить «измерения значений оптической плотности с последующим пересчетом измеренного значения в необходимый параметр в соответствии с методикой исследования». Выполнение указанного постановления непосредственно связано с качеством и безопасностью медицинской деятельности.

Пока робким, хотя и стратегически глубоким посылом является требование к лабораториям медицинских организаций, сформулированным в приказе МЗ РФ № 785 от 31.07.2020 г. «Об утверждении Требований к организации и проведению внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности», о необходимости обеспечивать «прослеживаемость результатов».

Подтверждением правильности всего измерительного комплекса в клиничко-диагностических лабораториях является валидация совокупных результатов диагностической миссии лабораторной службы в лечебно-диагностическом процессе медицинской организации, основанная на ежедневном выполнении правил внутрилабораторного контроля качества и периодическом участии во внешней оценке качества в соответствии с принятой метрологическим сообществом методикой межлабораторных сличений.

Конечно, ключевой функцией системы здравоохранения является формирование требований к допустимой или оптимальной точности измерений в лабораторной медицине, как, впрочем, и сам факт отнесения того или иного вида исследований к «измерениям».





Применение калибраторов такого качества позволяет четко разграничить полномочия, меры межведомственной ответственности путем разграничения поверки и калибровки. Если измерения относятся к сфере государственного регулирования — это поверка, если нет — это калибровка. Согласно № 102-ФЗ, поверка средств измерений (СИ) — совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям. Калибровка СИ — совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений. Таким образом, калибровка не относится к процедуре подтверждения соответствия.

Требования к качеству лабораторных исследований, в том числе проводимых измерений, постоянно возрастают. В международной практике все чаще используют представление о так называемой сигмаметрии, т. е. оценке частоты неправильных результатов от общего числа результатов. В наиболее ответственных производствах, таких как самолетостроение, требование обоснованно очень высокое, формулируемое как 6S, т. е. три-четыре дефекта на миллион выпускаемых самолетов, иначе говоря, бездефектное производство! К лабораторной медицине требования по ряду параметров достигают 5S!

В Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 19.04.2017 г. № 737-р, содержится положение, выделяющее сферы национальной экономики, в которых государство принимает на себя ответственность за обеспечение единства измерений и осуществляет непосредственное регулирование, определяя виды измерений и устанавливая к ним метрологические требования, что является условием безопасности применения высокотехнологичных видов деятельности, к которым сегодня относится оказание медицинской помощи.

Актуальность совершенствования междисциплинарного взаимодействия соответствует и условиям выполнения положений Договора о Евразийском экономическом союзе от 29.05.2014 г.

Повседневная практика свидетельствует о необходимости продуктивного межведомственного диалога в области соответствия, стандартизации, предоставления и получения диагностической информации, основанной на измерениях в сфере здравоохранения. Созданию единой площадки для профессионального обсуждения с правом законодательной инициативы посвящена инициатива Метрологической академии.

Учитывая актуальность решения проблем метрологического обеспечения медицинской деятельности и их междисциплинарный характер, в Санкт-Петербурге, городе, где работал великий ученый-химик Д. И. Менделеев, специалисты лабораторной медицины традиционно проводили масштабные образовательные мероприятия, направленные на внедрение метрологических принципов в практику клинических лабораторий.

Все это дало основание сформировать в Санкт-Петербурге по аналогии с JSTLM коллегиальный орган — Координационный научный совет Метрологической академии по метрологии в медицине. В его состав наряду с членами Метрологической академии — сотрудниками государственных научных метрологических институтов вошли представители ведущих медицинских организаций, производители медицинских изделий, в большинстве имеющие опыт внешне-торговой деятельности, а также представители регуляторных органов исполнительной власти.

Первоочередной сферой деятельности Координационного научного совета Метрологической академии по метрологии в медицине является лабораторная медицина, включая:

1. Выработку и принятие консолидированных решений по созданию перечня измерений и установлению требуемой точности средств измерений в медицине, в частности в области ее наиболее метрологически емкой отрасли — в лабораторных исследованиях, — для обеспечения диагностической эффективности современных медицинских технологий.

2. Участие в экспертизе метрологических характеристик медицинских изделий при их регистрации для применения в Российской Федерации.

3. Научно-методическое сопровождение при формировании национального банка стандартных образцов (референтных материалов) и калибраторов медицинского назначения на основе признания их метрологической прослеживаемости и при выполнении требований ГОСТ Р ИСО 13485–2017 «Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования для целей регулирования» и приказа Минздрава РФ от 19.01.2017 № 11н «Об утверждении требований к содержанию технической и эксплуатационной документации производителя (изготовителя) медицинского изделия».

4. Подготовка управленческих решений при формировании межведомственной системы референтных лабораторий двух типов:

А. Лаборатории референтных измерений в области лабораторной медицины (государственных научных метрологических институтов), применяющие первичные референтные или референтные методики измерений для передачи размера единицы стандартным образцам или калибраторам высшего уровня.

Б. Экспертные лаборатории с референтными функциями в области лабораторной медицины — аккредитованные клиничко-диагностические лаборатории, выполняющие на наиболее высоком доступном аналитическом уровне измерения величин, характеризующих состав или свойства биологических объектов.

На наш взгляд, одной из первоочередных задач является создание системы калибровочных лабораторий, требования к которым установлены в ISO 15195–2018 и которые должны обеспечить метрологическую прослеживаемость до наивысшего реализуемого на данный момент уровня. В лабораторной медицине эти лаборатории часто называются референтными лабораториями, или лабораториями референтных/референсных измерений. Создание системы калибровочных (референтных) лабораторий подразумевает тесное взаимодействие организаций, подведомственных Росздравнадзору, Минздраву и Росстандарту, возможно, и при участии Росаккредитации.

Достаточно часто именно референтные методики производителей МИ IVD являются наивысшим уровнем метрологической прослеживаемости результатов клинических исследований. Однако последние годы показали определенные успехи национальных метрологических институтов в измерении параметров биологических материалов, что позволит обеспечить сопоставимость результатов клинических исследований *in vitro*. В тех случаях, когда принципиально нереализуема метрологическая прослеживаемость до наивысшего уровня, правильность результатов измерений устанавливается по итогам межлабораторных сличений. По существу, контрольные материалы выполняют важнейшую функцию управления аналитическими системами, обеспечения их стабильности и прецизионности.

«Ведомственный» контроль качества, который пока носит в основном добровольный характер, опирается на систему межлабораторных сличений и отражает профессиональный уровень кадров лабораторной службы.

Однако требования ISO 15195–2018 необходимо адаптировать к применению в клиничко-диагностических лабораториях практического здравоохранения и лабораториях производителей МИ IVD, готовых к межведомственному сотрудничеству по созданию такой системы. Такой статус возможен при принятии ГОСТ 15195–2022. К построению системы должны быть привлечены ГНМИ Росстандарта, вклад которых состоит в:

— разработке государственных первичных референтных методик измерений, реализующих методы измерений наивысшей точности (например, хромато-масс-спектрометрию с изотопным разбавлением);

— подтверждении национальных измерительных возможностей на международном уровне (BIPM, JCTLM, KOOMET, EAЭС), прежде всего через участие в ключевых сличениях национальных эталонов;

— аттестации методик измерений в IVD и вторичных калибраторов с биологической матрицей в соответствии с подходами, принятыми в JCTLM, и по программе, согласованной с Минздравом.

Во исполнение поручения министра здравоохранения России В.И. Скворцовой от 22.09.2014 г. № 147 в части разработки предложений по возможности организации работы референс-лабораторий (п. 3 поручения) в Санкт-Петербурге апробирован пилотный проект в рамках госзадания по НИР ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова на тему: «Создание модели референтной системы обеспечения прослеживаемости измерений в клинико-диагностических лабораториях Российской Федерации с включением в международную систему менеджмента качества».

Результаты продуктивного диалога «физиков» и «лириков» легли в основу Стратегии развития Лабораторной медицины в Российской Федерации, которая определяет общие направления и план действий, опираясь на сложившуюся доктрину о клинической лабораторной диагностике как медицинской специальности, тесно сопряженной с достижениями метрологической науки, включая следующие элементы дорожной карты:

1) совершенствование системы управления качеством клинических лабораторных исследований и создания межведомственной (национальной) системы валидации аналитических характеристик обеспечения единства измерений лабораторных исследований с ранжированием клинических требований к точности их выполнения;

2) формирование государственной программы по технологическому обеспечению лабораторной индустрии отечественными медицинскими изделиями в рамках национальных проектов «Человеческий капитал» («Здравоохранение»), «Наука» и «Экономический рост» («Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы»);

3) разработка межведомственного документа «Порядок лабораторного обеспечения клинической диагностики» (в продолжение ведомственного «Правила выполнения клинических лабораторных исследований») — во исполнение требований ГОСТ Р ИСО 15189–2018 «Лаборатории медицинские. Частные требования к качеству и компетентности».

Научно-технический прогресс бурно развивается, и нужно учитывать, что «будущее формируется задолго до того, как оно наступает». Сегодня своевременная и качественная лабораторная диагностика позволяет эффективно применять высокотехнологические виды медицинской помощи и этим модифицировать течение многих заболеваний.

Среди факторов, характеризующих здоровье популяции в целом, в частности наиболее работоспособного контингента населения, вклад медицинского обслуживания, согласно данным Всемирной организации здравоохранения, составляет лишь 10–20%.

Основной объем финансовых расходов на здравоохранение повсеместно приходится на последние годы жизни человека. Преобладающую роль в сохранении наивысшего блага, данного нам при рождении, играет экология и наш образ жизни.

Как справедливо говорил Ж.-Ж. Руссо «Большая часть болезней наших — это дело наших собственных рук; мы могли бы почти всех их избежать». С еще большим сарказмом звучит постулат Болинга: «Если вы чувствуете себя хорошо, не волнуйтесь — это скоро пройдет!»

Молекулярный уровень диагностики позволяет менять парадигму здравоохранения на персонифицированную, профилактическую медицину и этим воплотить мудрость китайской поговорки: «Болезнь нужно лечить за три года до ее появления, а не за три дня до смерти» — и не менее актуальный посыл великого хирурга Н. И. Пирогова: «Фунт профилактики дороже пуда лечения!» Иначе говоря, наступило время, когда лабораторный телескоп позволит более эффективно использовать биологический возраст homo sapiens!

И начинать этот путь нужно с осознания своей ответственности за свое здоровье, что было сформулировано ВОЗ еще в 1983 г.: «Ответственность человека за свое здоровье профилактикой заболеваний».

И метрологическая служба ВНИИ метрологии им. Д. И. Менделеева готова внести свой «взвешенный» 30-летний опыт в «Паспорт здоровья»!

Уверенность в успехе этого начинания придает напутствие русского философа И. А. Ильина (1928 г.): «Верим и знаем: придет час, и Россия восстанет из распада и унижения и начнет эпоху нового расцвета и нового величия. Но возродится она и расцветет лишь после того, как русские люди поймут, что спасение надо искать в качестве».

*Максим Сергеевич Вонский — руководитель Научно-исследовательского отдела госэталонов и стандартных образцов в области биоаналитических и медицинских измерений ВНИИМ им. Д. И. Менделеева.*

*Леонид Алексеевич Конопелько — член Научного совета по аналитической химии РАН, академик, член Президиума Метрологической академии, профессор.*

**Геннадий Рувимович Нежиховский** — руководитель лаборатории эталонных материалов ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, член научно-технического совета ВНИИМ и научно-технической комиссии по метрологии и измерительной технике Ростехрегулирования, член-корреспондент Метрологической академии.

**Владимир Иванович Суворов** — ведущий научный сотрудник ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. С 1997 по 2014 г. главный ученый секретарь Метрологической академии, с 2014 г. — член Президиума Метрологической академии.

*Анна Гурьевна Чуновкина — руководитель научно-исследовательской лаборатории теоретической метрологии ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, профессор, академик Метрологической академии.*

*Владимир Леонидович Эмануэль — вице-президент Российской Ассоциации медицинской лабораторной диагностики, главный специалист-эксперт по клинической лабораторной диагностике Росздравнадзора по Северо-Западному федеральному округу, академик Метрологической академии.*

---

---

**Руфь Генкина**

## **РОЛЬ ВНУТРЕННЕГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В СТРАНЕ**

Начиная еще с первого нормативно-правового акта, регламентирующего метрологическую деятельность, Закона РФ «Об обеспечении единства измерений» 1993 г., перед метрологическими службами юридических лиц были поставлены две основные самостоятельные задачи: калибровка средств измерений и осуществление внутреннего метрологического надзора. Решение вопросов организации и той и другой деятельности было поручено ВНИИМС. В результате были созданы Российская система калибровки (как система аккредитации), а в дальнейшем система оценки и подтверждения компетентности в части выполнения калибровочных работ и Система оценки и подтверждения компетентности в части осуществления внутреннего метрологического надзора (СМН). Цель создания этих систем — оказание квалифицированной помощи в организации этих видов деятельности на предприятиях, их унификация, обеспечение взаимного признания результатов этой деятельности. Обе эти системы существуют и по сей день, постоянно совершенствуются, ориентируясь на международные требования и изменения нормативно-правовой и нормативно-технической базы.

В настоящий момент перечень документов, посвященных внутреннему метрологическому надзору, включает в себя:

ГОСТ 8.612–2012 «Государственная система обеспечения единства измерений. Организация и порядок обеспечения внутреннего метрологического надзора на предприятиях с промышленно опасными объектами»;

ГОСТ Р 8.884–2015 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологический надзор, осуществляемый метрологическими службами юридических лиц. Основные положения»;

Р 50.2.095–2015 «Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к метрологическим службам юридических лиц, осуществляющим метрологический надзор» и, наконец, РД СМН 01–2015 «Порядок организации деятельности системы оценки и подтверждения компетентности метрологических служб юридических лиц в части осуществления внутреннего метрологического надзора».

Это все разработки ФГУП «ВНИИМС».

Такое внимание к внутреннему метрологическому надзору не случайно. Государственный метрологический надзор, который при максимальной интенсивности работы мог охватить не более 0,3–0,5% субъектов, занимающихся деятельностью, относящейся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, и констатирующий, что в этой выборке от 20 до 50% средств измерений не соответствуют обязательным требованиям, не мог хоть в какой-то степени обеспечить «защиту граждан и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений», так как 99,7% всех объектов метрологического надзора, входящих в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений, государственному надзору не подлежали. А вообще какие это «отрицательные последствия недостоверных результатов измерений»? И если указанная выборка является хоть в какой-то степени представительной, то, значит, и во всей

«генеральной совокупности», т. е. по всей стране, от 20 до 50% обязательных метрологических требований к измерениям не соблюдаются! Кто может ответить на вопрос: каков же ущерб от этого государству, производству, населению?!

Анализ эффективности государственного метрологического надзора показал, что на самом деле нет смысла «надзирать за беспорядком», от этого государство не разбогатеет и никому лучше не станет. Надо каким-то образом организовать порядок, а государственный надзор должен констатировать соблюдение порядка, а не вылавливать нарушителей.

Здесь нельзя не упомянуть европейский и даже мировой опыт государственного метрологического надзора за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида (почему-то в нашей стране защищать потребителя от недовложения товара в упаковку государство не берет). Особенность данного государственного надзора заключается в том, что нарушение метрологических требований к количеству товара в упаковке легко пересчитать в денежный эквивалент, т. е. легко посчитать ущерб, наносимый потребителю вследствие нарушения метрологических требований. Учитывая масштабы производства фасованной продукции, становится ясно, что никакой госнадзор уследить за соблюдением требований и защитить потребителя самостоятельно не сможет.

Так вот, в соответствии с европейскими директивами изготовитель (фасовщик) фасованных товаров обязан осуществлять внутренний метрологический контроль (надзор) за количеством товара в упаковке и документировать его результаты. При осуществлении государственного метрологического надзора контролируемое лицо первым долгом предъявляет доказательства проведения внутреннего надзора. Госнадзору остается сделать три-четыре выборки различной фасованной продукции со склада производителя, провести экспериментальные исследования на компьютеризированных весах, выдающих готовый протокол-акт проверки, и проверка закончена. На всю процедуру уходит два-три часа. Одна бригада госнадзорщиков на передвижной лаборатории в день проводит две-три проверки. Почему так быстро? Потому что они не «наводят порядок», а констатируют соблюдение порядка, который соблюдается благодаря внутреннему надзору.

1 июля 2021 г. вступили в силу Федеральный закон № 248-ФЗ от 30 июня 2020 г. «О государственном (муниципальном) контроле (надзоре)» [1] и новое «Положение о федеральном государственном метрологическом контроле (надзоре)» [2]. Цель нового Закона — повысить эффективность государственного контроля (надзора).

Как отмечено в пояснительной записке к проекту данного закона его разработчиками, «законопроект призван устранить недостатки действующего правового регулирования государственного контроля (надзора), муниципального контроля, в том числе несистемность и пробельность регулирования, недостаточность регулирования вопросов профилактики нарушений обязательных требований, а также неоправданный акцент на проведении проверок, являющихся наиболее затратным как для бизнеса, так и для контрольно-надзорных органов мероприятием».

Авторы законопроекта заявляли, что целями предлагаемого регулирования являются:

- 1) снижение избыточного административного давления на хозяйствующих субъектов и граждан;
- 2) обеспечение соблюдения хозяйствующими субъектами и гражданами обязательных требований;
- 3) концентрация усилий контрольно-надзорных органов на контролируемых лицах, несущих наибольший риск причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям;
- 4) повышение эффективности использования материальных, финансовых и иных ресурсов, выделяемых на обеспечение контрольно-надзорной деятельности государства.

По мнению авторов законопроекта, его реализация позволит перевести деятельность контрольно-надзорных органов с «карательного» на превентивный подход. Это предполагает, что деятельность контрольно-надзорных органов должна превратиться в один из элементов управления сферой общественных отношений. Большая часть работы инспекторов должна быть посвящена именно профилактической деятельности — предотвращению нарушений или их скорейшему исправлению.

«Суть нового подхода к организации государственного контроля (надзора) заключается в переходе от проверок и наказаний к мониторингу и профилактике. Визиты различных проверяющих инстанций являются серьезной нагрузкой на бизнес. При этом надо учитывать, что контролеры зачастую нацелены именно на поиск нарушений даже там, где их нет: раз уж пришла проверка, то нарушение нужно обязательно найти. Ведь деятельность органа контроля (надзора) до последнего времени оценивалась по количеству проверок и объему штрафов — это, так называемая, «палочная система». Такой подход стимулирует инспекторов не к предотвращению ущерба, а к обязательному выявлению нарушений и наказанию представителей бизнеса», — сказано в Пояснительной записке к законопроекту. И далее: «Регулярные визиты контролеров на предприятия слабо влияют на безопасность производства, качество и безопасность продукции, создаваемые риски причинения вреда <...> поэтому законопроект предполагает отказ от использования проверок как основного инструмента контроля, перенос акцентов на иные контрольно-надзорные мероприятия».

Эта концепция осталась и в действующем Законе.

Цели государственного надзора должны достигаться преимущественно при помощи более мягких и менее затратных методов, не предполагающих непосредственное взаимодействие с контролируемым лицом. Законом предусматривается широкий перечень новых контрольно-надзорных мероприятий помимо проверки.

Таким образом, у контрольно-надзорного органа расширяется набор способов оценки соблюдения обязательных требований.

Законом предполагается уменьшение интенсивности контрольно-надзорной деятельности с помощью механизма добровольного мониторинга.

Контролируемые лица, находящиеся в режиме мониторинга, освобождаются от плановых контрольно-надзорных мероприятий в отношении обязательных требований, являющихся предметом такого мониторинга.

Законом предусматривается широкий набор профилактических мероприятий и определяется, что при осуществлении государственного надзора проведение профилактических мероприятий, направленных на снижение риска причинения вреда (ущерба), является приоритетным по отношению к проведению контрольно-надзорных мероприятий. Государственный надзор, особенно в части проведения контрольно-надзорных мероприятий, должен осуществляться лишь в случае недостаточности и (или) неэффективности негосударственных форм обеспечения соблюдения обязательных требований.

К профилактическим мероприятиям Законом отнесены в числе прочих самообследование и иные мероприятия, направленные на профилактику рисков причинения вреда (ущерба).

При этом Закон исходит из того, что участие в профилактических мероприятиях — это право, а не обязанность контролируемых лиц. Профилактические мероприятия, в ходе которых осуществляется взаимодействие с контролируемыми лицами, проводятся только с согласия данных контролируемых лиц либо по их инициативе.

Дополнительным механизмом, обеспечивающим перевод контрольно-надзорной деятельности в формат стимулирования добросовестного поведения контролируемых лиц, является добровольное использование негосударственных форм контроля и независимой

оценки соблюдения обязательных требований, которые исключают проведение плановых и внеплановых контрольно-надзорных мероприятий по соответствующему предмету контроля за исключением случаев крайней необходимости.

Нельзя сказать, что Положение о федеральном государственном метрологическом контроле (надзоре) [2] каким-то образом прояснило, конкретизировало и реализовало идеи, положенные в основу нового Закона.

Например, чего стоит п. 9, назвавший объектами надзора «а) деятельность по выпуску в обращение или обращение средств измерений...» и «б) деятельность по выполнению измерений, относящихся к сфере государственного регулирования...» Все бы ничего, если бы в п. 10 не было сказано, что «территориальные органы ежемесячно направляют в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии перечень объектов надзора для составления сводного перечня». Не кажется ли вам, что на уровне «вида деятельности» за месяц мало что может измениться? Да и сама «деятельность» не может быть объектом надзора, так как не к ней предъявляются обязательные требования в соответствии с Федеральным законом «Об обеспечении единства измерений».

Однако не критика нового Положения о государственном метрологическом контроле (надзоре) является предметом настоящего доклада. Понятно, что написание этого Положения, причем в ускоренном режиме, при принципиально новой идеологической концепции, было непростой задачей. К сожалению, фокус не получился. Все свелось к известному принципу: как бы все поменять, чтобы ничего не менялось! Однако сейчас важно понять: что же принципиально должно измениться в нашей метрологической жизни?

Идея внутреннего метрологического надзора есть не что иное, как реализация идеи самообследования, которая выдвинута новым Законом и которая снимает с госнадзора основной объем необъятной рутинной работы по 100%-ному охвату объектов надзора. Только такая постановка задачи дает гарантии соблюдения обязательных требований.

Под объектом метрологического надзора в рамках осуществления внутреннего метрологического надзора понимается любой физический объект (или документ), имеющий (содержащий) метрологические характеристики. Это средства измерений, эталоны, стандартные образцы, испытательное оборудование, средства допускового и неразрушающего контроля, технические устройства с измерительными функциями и, как во всем мире, количество фасованного товара в упаковках... А из документов — всевозможные методики (измерений, испытаний, поверки, калибровки), технические условия, технические задания, технологические регламенты и т. д. — то, что является объектом метрологического надзора путем проведения метрологической экспертизы.

Задача внутреннего метрологического надзора не только обеспечить соблюдение обязательных требований в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, но и дать гарантию соблюдения всех других метрологических требований, заложенных в технологиях, так как от них зависит качество выпускаемой продукции, ее себестоимость, экономические интересы самого предприятия и потребителя.

Внутренний метрологический надзор не должен ни в коей мере повторять (имитировать) государственный метрологический надзор в его привычной реализации: выездная проверка, выявление нарушений, предписания, наказание нарушителей, план мероприятий по устранению нарушений. Нет, он должен обеспечить то, о чем государственный метрологический надзор даже «не смел мечтать», он должен обеспечить 100%-ный охват объектов метрологического надзора, как входящих, так и не входящих в сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений, и сделать так, чтобы все эти объекты соответствовали установленным требованиям.



Заметим, что невозможность в равной степени уделить внимание всем сферам государственного регулирования привела к идее риск-ориентированного подхода: раз не можем охватить все, давайте охватим то, что чревато серьезными последствиями. Будем эти сферы проверять почаще, а что вроде бы не очень важно (например, торговля), не будем проверять вообще, ну если только кто пожалуется в прокуратуру. В новом Положении этот момент описан еще чуднее. Тут вообще не разберешься, с какой периодичностью что будет проверяться, так как дополнительно вводятся условные оценки вероятности несоблюдения контролируруемыми лицами обязательных требований, исходя из их «истории нарушений». На самом деле в качестве одного из главнейших, так называемых индикативных показателей, устанавливающих степень доверия государства к производителю (контролируемому лицу), должны быть документально подтвержденные результаты внутреннего метрологического надзора.

Какие же основные требования к внутреннему метрологическому надзору (ВМН)? В основе организации ВМН должен лежать мониторинг состояния и применения каждого объекта метрологического надзора (ОМН), осуществляемый теми же специалистами, которые принимают технические или управленческие решения по показаниям данных ОМН. Именно они заинтересованы в том, чтобы данные ОМН давали достоверные результаты измерений. Именно эти специалисты должны представлять себе всю опасность и величину ущерба, если данные ОМН дают неправильные показания. Именно они могут оценить вероятность того или иного события, исходя из срока службы данного конкретного экземпляра ОМН, условий и интенсивности его эксплуатации и его индивидуальных особенностей, и ориентируясь на эти сведения, определить периодичность мониторинга. Таким образом, именно на стадии мониторинга состояния и применения ОМН может быть действительно реализован риск-ориентированный подход при осуществлении ВМН. (Это в случае, если сами пользователи догадываются, на что влияет неопределенность результатов измерений.)

Основная беда метрологов заключается в том, что зачастую ни пользователи, ни руководство предприятия не понимают, в чем суть деятельности метрологов и какая от них польза для бизнеса. «Если прибор что-то показывает, значит, он работает! И зачем тогда нужен метролог? Поверка нужна только для того, чтобы, если придет комиссия, не оштрафовали». На полном серьезе во многих документах по внутреннему метрологическому надзору в качестве основной цели указывается «защита интересов предприятия от штрафных санкций»!

Какой ущерб будет нанесен, если прибор дает неправильные показания? Никто таким вопросом не задается. Какие последствия будут, если погрешность превышает установленную норму? Как правило, никто об этом не задумывается. Хотя в домашних условиях никому не придет в голову измерять, например, температуру тела комнатным термометром. Это как-то каждому понятно. «Своя рубашка ближе к телу».

Первая задача метрологов — ликвидация метрологической неграмотности на своем предприятии как среди «рядового состава», так и среди руководства. Убедить и тех и других (если они до этого сомневались и воспринимали метрологические требования как чисто формальные, бюрократические) в важности соблюдения этих требований для производства, для качества продукции, для безопасности и т.п. Определить реальный ущерб, отрицательные последствия при несоблюдении метрологических требований — если эта задача будет выполнена, то следующей задачей будет организация мониторинга состояния и применения ОМН, назначение исполнителей, определение периодичности мониторинга и вида документирования. Это будет первый уровень ВМН.

Второй уровень — это те самые «ответственные за состояние и применение средств измерений», которые практически есть на каждом предприятии. Как правило, это руководители подразделений, которые воспринимали до последнего времени свою ответственность как прежде всего материальную. В рамках ВМН на них ложится задача проверки правильности и добросовестности проведения мониторинга состояния и применения ОМН по результатам его документирования и выборочной проверки реального состояния ОМН.

Третий уровень ВМН — это уже дело самих метрологов: цель — проверка эффективности работы всего механизма ВМН и его совершенствование. Заметим, что если таким образом организовать ВМН, четко разделив формы документирования для ОМН, входящих в сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений (ГР ОЕИ) и не входящих в эти сферы, то, во-первых, внутренние проверки могут носить документарный характер без ограничений в плане периодичности, а, во-вторых, заполненные формы для ОМН, входящих в сферы ГР ОЕИ, — уже готовая информация для документарной проверки в рамках ГМН или для реализации идеи самообследования и самодекларирования.

В Реестре СМН в настоящий момент зарегистрировано более 50 организаций. Это холдинги типа ПАО «Роснефть» и ПАО «ЛУКОЙЛ», их дочерние предприятия, предприятия «Газпрома», крупные металлургические и машиностроительные заводы, экспертные организации, предлагающие проведение внутреннего метрологического надзора в качестве услуги. Все они постепенно переходят на организацию многоуровневого ВМН, обеспечивающего 100%-ный охват ОМН, риск-ориентированный подход в осуществлении этой деятельности, используя современные достижения в области цифровизации, а главное, заинтересованность исполнителей в конечных результатах дела — обеспечения гарантий соблюдения метрологических требований. По всей видимости, это тот самый ресурс, которым должен воспользоваться государственный метрологический надзор для реализации своей цели — эффективной защиты граждан и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

### **Литература**

1. Федеральный закон «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» от 31.07.2020 № 248-ФЗ.

2. Постановление Правительства РФ от 29 июня 2021 г. № 1053 «Об утверждении Положения о федеральном государственном метрологическом контроле (надзоре) и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».

*Руфь Ильинична Генкина — заместитель начальника отдела научно-методических основ деятельности метрологических служб вне сферы государственного регулирования ВНИИМС, академик Метрологической академии.*

---

---

Александр Данилов

## О НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ДЕЙСТВУЮЩИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АКТЫ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Актуальность настоящего сообщения обусловлена назревшей необходимостью внесения изменений в действующие нормативно-правовые акты (НПА) и нормативные документы (НД) в области обеспечения единства измерений (ОЕИ).

1. При эксплуатации аттестованных эталонов единиц величин неизбежно возникают ситуации, требующие внесения некоторых изменений, обусловленных, например, внесением изменений в состав эталона в части замены вспомогательного оборудования или в части замены основного оборудования для эталона переменного состава, внесением изменений в сведения об эталоне о государственной (локальной) поверочной схеме, о межаттестационном интервале эталона, а также исправлением допущенных опечаток либо редакционными изменениями.

Изменения подобного рода для средств измерений утвержденного типа предусмотрены Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 28 августа 2020 г. № 2905 [1]. В отношении же аттестованных эталонов единиц величин внесение подобных изменений не предусмотрено действующими НПА [2, 3].

Предлагаю дополнить Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 11 февраля 2020 г. № 456 [3] приложением № 6, в котором регламентировать процедуру внесения изменения как в состав эталона, так и в сведения о нем.

2. При проведении поверки средств измерений, применяемых в качестве эталонов, в НПА [4, 5] отсутствуют требования о том, чтобы сведения о каждой последующей поверке одного и того же экземпляра средства измерений были «привязаны» к предыдущим, а потому не сохраняется история поверок таких средств измерений в одном месте в разделе «Сведения о поверках средств измерений, применяемых в качестве эталонов» Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений (ФГИС «АРШИИ»).

Предлагаю внести соответствующие требования в Приказы Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 г. № 2510 [4] и от 28 августа 2020 г. № 2906 [5].

3. В соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы, утвержденной Приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2818 [6], для гирь, применяемых в качестве рабочих разрядных эталонов, установлены требования не только к пределам допускаемой погрешности гирь (пункты 3.1.2, 3.2.2, 3.3.2, 3.5.2), но и к пределам допускаемых значений нестабильности гирь (пункты 3.1.3, 3.2.3, 3.3.3, 3.5.3). Вместе с тем в соответствии с Приказом Росстандарта от 14 июля 2021 г. № 1333 [7] для гирь установлена методика поверки ГОСТ OIML R 111-1-2009. Однако установленной методикой поверки не предусмотрено проведение оценки нестабильности гирь.

Таким образом, возникло некоторое противоречие между требованиями Государственной поверочной схемы и установленной методикой поверки, а именно: гири не могут быть поверены в качестве эталона, поскольку методикой поверки не предусмотрено проведение оценки нестабильности гирь в соответствии с формулой, приведенной в таблице Б1 на с. 13 Приказа Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2818 [6]. Поэтому для использования гирь

в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в качестве эталонов единицы массы они должны быть аттестованы в качестве эталона.

Предлагаю внести необходимые изменения в Государственную поверочную схему для средств измерений массы либо дополнить ГОСТ OIML R 111-1-2009 методикой оценки нестабильности гирь.

4. Практика применения средств измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений выявила также необходимость внесения изменений и в Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [8].

Так, Приказом Минпромторга от 31 июля 2020 г. № 2510 [4] предусматривается проведение поверки средств измерений неутвержденного типа, прошедших метрологическую аттестацию до 1 декабря 2001 г. по ГОСТ 8.326–78 [9] или по ГОСТ 8.326–89 [10], а также средств измерений, поступивших в эксплуатацию до 1 июня 1993 г. и подлежащих поверке по ГОСТ 8.513–84 [11]. Получается, что проведение поверки указанных средств измерений неутвержденного типа возможно, но их применение в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений невозможно, поскольку в соответствии с положениями статьи 9 Федерального закона от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ [8] в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений к применению допускаются средства измерений исключительно утвержденного типа.

Предлагаю внести соответствующие изменения в статью 9 Федерального закона от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ [8], которые позволили бы применять в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений кроме средств измерений утвержденного типа также и средства измерений неутвержденного типа, прошедшие метрологическую аттестацию до 1 декабря 2001 г. по ГОСТ 8.326–78 [9] или по ГОСТ 8.326–89 [10], либо средства измерений неутвержденного типа, поступившие в эксплуатацию до 1 июня 1993 г. и подлежащие поверке по ГОСТ 8.513–84 [11].

5. Статьей 13 Федерального закона от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ [8] установлено, что применяющие средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны представлять эти средства измерений на поверку.

Однако бывают ситуации, когда средства измерений сдают в поверку надзирающие и контролирующие органы, например, при проведении поверки в рамках проведения экспертизы (в том числе судебной) или инспекционной поверки (при проведении контроля и надзора).

Предлагаю внести соответствующие изменения в статью 13 Федерального закона от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ [8], которые учли бы положения последнего абзаца.

Уверен, что принятие указанных предложений позволит исправить некоторые несоответствия в НПА и НД.

## **Литература**

1. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 28 августа 2020 г. № 2905 «Об утверждении порядка проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, порядка утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них, порядка выдачи сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, формы сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, требований к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения».

2. Постановление Правительства РФ от 23 сентября 2010 г. № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

3. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 11 февраля 2020 г. № 456 «Об утверждении требований к содержанию и построению государственных поверочных схем и локальных поверочных схем, в том числе к их разработке, утверждению и изменению, требований к оформлению материалов первичной аттестации и периодической аттестации эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, формы свидетельства об аттестации эталона единицы величины, требований к оформлению правил содержания и применения эталона единицы величины, формы извещения о непригодности эталона единицы величины к его применению».

4. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

5. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 28 августа 2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений».

6. Приказ Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2818 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы».

7. Приказ Росстандарта от 14 июля 2021 г. № 1333 «Об установлении методики поверки средств измерений».

8. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

9. ГОСТ 8.326–78 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методическое обеспечение разработки, изготовления и эксплуатации нестандартизованных средств измерений. Основные положения».

10. ГОСТ 8.326–89 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическая аттестация средств измерений».

11. ГОСТ 8.513–84 «Государственная система обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения».

*Александр Александрович Данилов — директор ФБУ ЦСМ Росстандарта в Пензенской области, академик Метрологической академии.*

---

---

Сергей Денисенко

## МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ — ВАЖНЕЙШЕЕ ЗВЕНО МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СТРАНЫ

Экономика промышленно развитой страны не может функционировать без обширного парка средств измерений (СИ) и, соответственно, метрологического обеспечения этого парка. При этом метрологическое обеспечение должно развиваться с опережением, чтобы не создавать метрологических барьеров для развития как производящих, так и инфраструктурных отраслей экономики [1, 9]. Важность метрологического обеспечения парка СИ, входящего в систему обеспечения единства измерений (ОЕИ), подчеркивается в Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года (Стратегия), где сказано, что «система обеспечения единства измерений является элементом государственной инфраструктуры, без которого производство материальных благ невозможно» [1].

Рассмотрим более подробно используемое в Стратегии понятие — инфраструктура. Под этим термином понимается комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и обеспечивающих основу функционирования системы. В общепотребительном значении инфраструктура — это совокупность предприятий, учреждений, систем управления и т. п., обеспечивающая деятельность общества или какой-либо ее сферы [2]. Использование термина «инфраструктура» в отношении метрологического обеспечения впервые встречается в Международном документе МОЗМ Д1 «Элементы закона по метрологии», принятом в 2004 г. [3]. Этот документ содержит рекомендации для стран, входящих в Международную организацию законодательной метрологии (МОЗМ), и предусматривает создание иерархической метрологической структуры во главе с Центральным метрологическим органом (регулятором), координирующим проведение политики и организацию деятельности в стране в области метрологии и обеспечения единства измерений. В соответствии с документом «национальная метрологическая инфраструктура» должна включать:

- законодательную базу, в том числе законы и акты, которыми устанавливаются правила и положения, связанные с метрологией;
- орган власти, подведомственный правительству, ответственный за проведение национальной политики в области метрологии и координацию деятельности других ведомств, связанных с реализацией метрологических задач;
- один или несколько научных институтов, ответственных за реализацию задач, поставленных на уровне общенациональной политики в области метрологии;
- систему национальных эталонов и стандартных образцов, обеспечивающих распространение узаконенных единиц измерений;
- систему по аккредитации калибровочных лабораторий и, если это необходимо, испытательных лабораторий, инспекционных органов и органов по сертификации;
- структуры по распространению знаний и расширению компетентности в области метрологии (например, по обучению, образованию, консультациям и т. д.);
- организации, оказывающие услуги промышленности и субъектам экономики в области метрологии, в том числе утверждение типа СИ, поверку, калибровку и обслуживание СИ.

В Российской Федерации имеются все приведенные в документе элементы национальной метрологической инфраструктуры с учетом наших государственных особенностей. Ее ядром можно считать российскую систему обеспечения единства измерений, которая в соответствующем контексте была регламентирована законом Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» 1993 г. [4]. Однако замена в пункте «р» статьи 71 Конституции Российской Федерации метрологической службы на метеорологическую службу и исключение понятия государственной метрологической службы из новой версии Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. (102-ФЗ) привели к тому, что понятие «метрологическая служба» в масштабах страны выпало как из законодательства, так и из федерального ведения.

В 2020 г. были приняты поправки в Конституцию Российской Федерации, которыми в том числе было откорректировано содержание пункта «р» статьи 71 [5]. В настоящее время в соответствии с новым текстом Конституции Российской Федерации метрологическая служба как организационная структура находится в ведении Российской Федерации наравне со стандартами, эталонами, метрической системой и исчислением времени.

Внесение изменений в Конституцию Российской Федерации предполагает разработку и внесение соответствующих поправок в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений», утверждение Правительством Российской Федерации положения о Государственной метрологической службе, а также внесение поправок в ряд других документов. Среди них, например, «Типовое положение метрологической службы государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц», утвержденное в 1993 г. [6]. Необходимость пересмотра этого документа обусловлена тем, что метрологические службы предприятий и учреждений находятся на ответственном участке иерархической структуры метрологической службы страны, поскольку непосредственно связаны с производством продукции и услуг и непосредственно обеспечивают функционирование экономики.

Данная работа уже начата. В Росстандарте проводятся совещания, на которых обсуждается возможное построение Метрологической службы Российской Федерации. Один из проектов был представлен руководителем Росстандарта Антоном Павловичем Шалаевым в его докладе «Развитие отечественного производства метрологического оборудования» на заседании Съезда метрологов и приборостроителей, который прошел в рамках Московского международного форума «МетролЭкспо 2021» в сентябре 2021 г. [7].

Проект структуры Метрологической службы Российской Федерации, разработанный с учетом ее основных задач, приведен на рис. 1.

Особое внимание должно быть уделено включению в структуру метрологической службы элементов, обеспечивающих инновационное опережающее развитие метрологической инфраструктуры. К ним относятся научно-методический центр (НМЦ). На его базе будет развернута работа специализированного центра мониторинга состояния системы обеспечения единства измерений и прогнозирования измерительных потребностей экономики и общества, созданного во исполнение Плана мероприятий по реализации Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года [8].

Работы по мониторингу и анализу измерительных возможностей и потребностей во взаимодействии со всеми заинтересованными сторонами, включая метрологические службы госкорпораций и промышленных предприятий, как было отмечено в докладе, позволят скоординировать усилия по дальнейшему развитию производства отечественного метрологического оборудования, достижению необходимой метрологической независимости от импорта, а также обеспечить высокий уровень импортозамещения средств измерений [7].

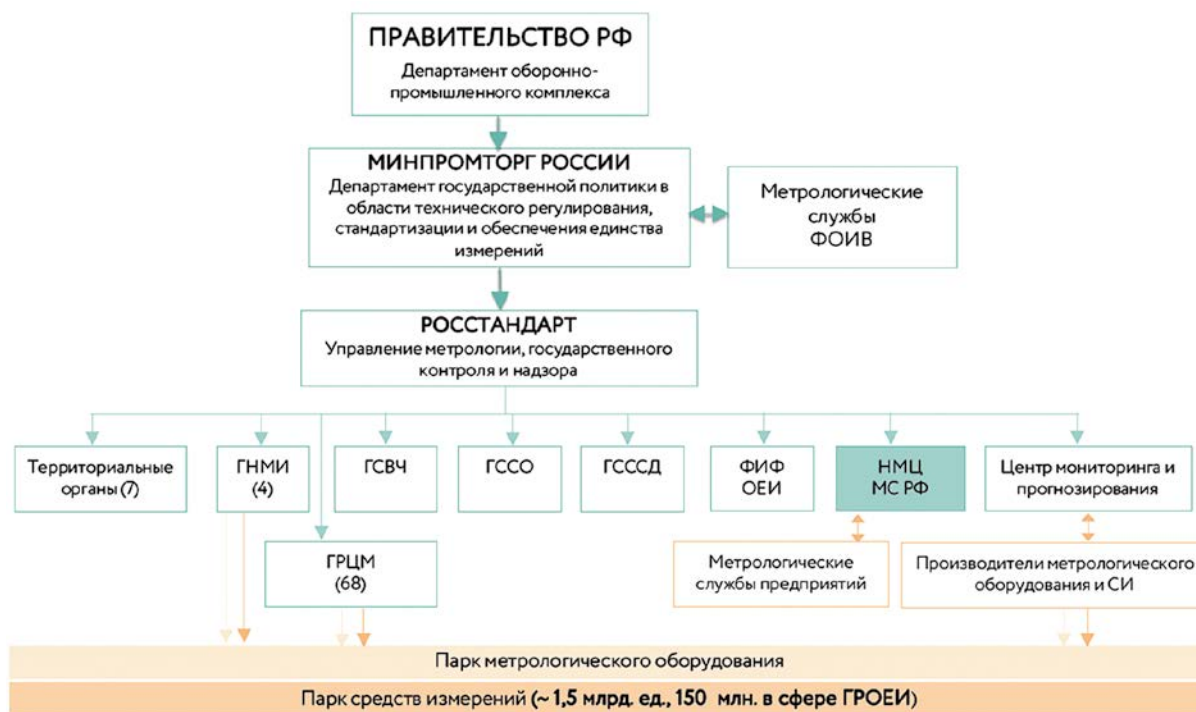


Рис. 1. Проект структуры Метрологической службы Российской Федерации

Работа НМЦ и центра мониторинга и прогнозирования должна обеспечивать развитие метрологической инфраструктуры, опережающее развитие экономики в целом. Это необходимо для предотвращения метрологических барьеров для развития как производящих, так и других обеспечивающих (инфраструктурных) отраслей экономики [9].

Создание и развитие метрологической службы Российской Федерации должно стать важным элементом Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2035 года, разработка которой начинается в настоящее время.

### Литература

1. Стратегия обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.04.2017 № 737-р.
2. Большой толковый словарь русского языка/Кузнецов С. А. (ред.). СПб.: Норинт, 2000. С. 397.
3. Международный документ МОЗМ Д 1, в ред. 2020 г. «Национальная метрологическая система».
4. Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993 г. № 4871-1
5. Указ Президента Российской Федерации «Об официальном опубликовании Конституции Российской Федерации с внесенными в нее поправками» от 3 июля 2020 г. № 445.
6. Типовое положение метрологической службы государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц, ПР 50-732-93, 1993 г.
7. Шалаев А. П. Развитие отечественного производства метрологического оборудования // Главный метролог. 2021. № 4. С. 4–11.



8. План мероприятий по реализации Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.11.2017 № 2478-р.

9. Кузин А. Ю., Булыгин Ф. В., Сатановский А. А. Опережающее развитие метрологии — обязательное условие научно-технического прогресса // Вестник Росстандарта. 2018. № 3. Июль. С. 24–33.

*Сергей Александрович Денисенко — директор ФГУП «ВНИИМС», академик Метрологической академии.*

---

---

Александр Дорохов, Александр Кравцов

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА

Военная метрология — направление метрологии как науки об измерениях, методах и средствах обеспечения единства и точности, решающее научные задачи метрологического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов в области обороны и безопасности государства.

Родоначальником военной метрологии в России по праву считают Петра I. Своими указами он ввел в России обязательный надзор за состоянием мер и приборов при изготовлении оружия. Согласно регламенту «Об управлении Адмиралтейства и верфи», утвержденному 5 (16) апреля 1722 г., в Адмиралтейской коллегии было необходимо иметь «весы правдивые и аршины с клеймами», которые предписывалось применять каждые полгода только для проверки остальных мер и весов. Также была учреждена должность вагмейстера, заведовавшего весовой частью при приеме продуктов, и установлены правила для взвешивания различных материалов.

В 1925 г. приказом Реввоенсовета № 475 в РККА была введена метрическая система мер длины и объема, войска обеспечивали измерительными приборами и справочной документацией. Началом становления отечественной военной метрологии принято считать приказ начальника тыла Красной Армии от 26 апреля 1944 г. № 85, которым было введено в действие «Положение об инспекциях по надзору за весоизмерительными приборами». Инспекция по надзору за весоизмерительными приборами стала, по существу, первой военной метрологической организацией.

Главное свое развитие военная метрология получила в послевоенные годы. С разработками новых видов вооружения в разы увеличивался объем измерений, проводимых на технике, возрастала потребность в специалистах-метрологах.

В 50-е гг. XX в. в Вооруженных Силах был проведен комплекс организационно-технических мероприятий по созданию поверочных органов — окружных и флотских измерительных лабораторий, контрольно-поверочных пунктов, пунктов измерительной техники, которые составили организационную и техническую основу для последующего создания Метрологической службы Вооруженных Сил.

Продолжавшаяся в 1960-е гг. военно-техническая революция, поступление на вооружение армии и флота новых сложных систем и комплексов оружия и боевой техники, укомплектованных десятками тысяч разнообразных высокоточных средств измерений, потребовали дальнейшего развития и совершенствования организационных и технических основ метрологического обеспечения Вооруженных Сил. В связи с этим в 1974 г. была создана, а в 1975 г. уже полностью сформирована Метрологическая служба Вооруженных Сил, на которую было возложено решение следующих задач:

— выработка и проведение единой технической политики в области метрологического обеспечения Вооруженных Сил. Организация работ по военно-метрологическому сопровождению разработки и метрологической экспертизе образцов и комплексов вооружений и военной техники (ВВТ);

— осуществление мероприятий по обеспечению единства и точности измерений в Вооруженных Силах. Организация централизованного ремонта образцовых средств измерений;

— обоснование и развитие парка средств измерений военного назначения, осуществление функций их генерального заказчика, оснащение армии и флота средствами измерений, организация их эксплуатации и ремонта;

— совершенствование структуры Метрологической службы и организация управления метрологическими подразделениями и частями, подготовка кадров;

— развитие оперативно-тактических вопросов военной метрологии.

В XXI в. развитие Вооруженных Сил идет по пути технического перевооружения. На смену устаревшим, еще советским образцам ВВТ приходят системы высокоточного оружия, основанные на использовании новой элементной базы, микропроцессорной техники, оптики и точной механики. Качественное решение различных войсковых задач с применением современных образцов ВВТ становится невозможным без организации и проведения многочисленных достоверных измерений, эксплуатации сложной измерительной техники. Измерения буквально пронизывают всю деятельность войск, обеспечивая боеготовность, эффективность, безопасность и безаварийность эксплуатации ВВТ, здоровье и боеготовность личного состава, объективность контроля состояния окружающей среды. В этих условиях роль и значение метрологического обеспечения Вооруженных Сил существенно возросли.

В настоящее время Метрологическая служба Вооруженных Сил Российской Федерации — это важнейший элемент в системе материально-технического обеспечения армии и флота. Ни один образец высокоточного оружия или военной техники при его создании и эксплуатации не обходится без метрологической экспертизы. Высокий профессионализм военных метрологов, обеспечение ими точности показаний и безотказности работы измерительной техники в решении задач материально-технического, медицинского, топографического, метеорологического, навигационного обеспечения, радиоэлектронной борьбы, экологии, радиационной разведки во многом способствуют успешному выполнению боевых задач экипажами современных кораблей, самолетов, танков, обеспечению безотказности и живучести военной техники.

Для эффективного решения задач метрологического обеспечения сферы обороны и безопасности государства в интересах всех силовых структур создана единая система обеспечения единства и точности измерений, обеспечивающая достижение необходимой живучести, оперативности, мобильности и экономичности метрологического обеспечения сферы обороны и безопасности, повышение достоверности принятия решений и качества управления, осуществляемых по результатам измерений.

Основой и главным двигателем этой системы является личный состав метрологической службы — военные специалисты-метрологи, подготовку которых осуществляет Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского и Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина. Основное внимание при этом обращается на то, чтобы обучающиеся не воспринимали процесс измерения как некоторую последовательность манипуляций со средствами измерений, в результате которых получают некое число — результат измерения. В основу знаний об измерениях положен физический процесс, информацию о параметрах которого необходимо было получить в ходе исследования. Такой подход позволил глубоко раскрыть основы теории измерений и в 1967 г. выпустить один из лучших в данной области учебников в СССР под названием «Курс электрорадиоизмерений».

С 1969 г. в Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского началась подготовка офицеров-метрологов на Высших академических курсах в интересах нескольких видов Вооруженных Сил. Накопленный опыт позволил в 1993 г. развернуть подготовку инженеров по новой специальности высшего образования «Метрология и метрологическое обеспечение».

В 2016 г. по инициативе указанных вузов в составе Федерального учебно-методического объединения по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Управление в технических системах» создан научно-методический совет по специальности «Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники». Основной задачей совета является координация работы вузов Минобороны России и Минобрнауки России по разработке, согласованию и внедрению федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности «Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники». В рамках этой деятельности в 2016 г. разработан, а затем в 2020 г. актуализирован указанный стандарт.

Сегодня подготовка военных специалистов-метрологов осуществляется по программам высшего образования специалитета по специальности «Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники», по программам среднего профессионального образования по специальности «Контроль работы измерительных приборов», по программам профессиональной переподготовки и повышения квалификации в интересах Метрологической службы Вооруженных Сил Российской Федерации, Воздушно-космических сил, других видов и родов войск Вооруженных Сил Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти в области обороны и безопасности государства.

В апреле 2021 г. Президент Российской Федерации В. В. Путин в своем послании Федеральному Собранию Российской Федерации отметил, что «совершенствование и качественное укрепление Вооруженных Сил России идет постоянно. В том числе особое внимание предстоит уделить развитию военного образования...». Личный состав вузов видит в этом основное направление своей повседневной деятельности — повышение качества подготовки военных специалистов-метрологов.

*Александр Николаевич Дорохов — доцент Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, почетный метролог Российской Федерации.*

*Александр Николаевич Кравцов — заведующий кафедрой «Метрология и метрологическое обеспечение вооружения военной и специальной техники» Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, доцент, член-корреспондент Метрологической академии.*

Леонид Конопелько

## ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ — НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

120 лет тому назад, 1 декабря 1902 г., была проведена процедура «освящения» [1] пяти — этажного «здания с башней». Это здание и в настоящее время функционирует на территории ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (Санкт-Петербург, Московский проспект, 19).

Среди различных научных отделений в этом здании находилась и первая химическая лаборатория.

Физико-химические измерения, или, согласно соответствующей классификации [2], «измерения физико-химического состава и свойств веществ», охватывают измерения величин, которые, с одной стороны, выражают физико-химические свойства объектов, а с другой — через зависимость этих свойств от состава дают информацию о химическом составе исследуемых веществ и материалов. Имея в виду связь этих измерений с химическим анализом, их еще называют аналитическими, химико-аналитическими или химическими измерениями. Научную основу физико-химических измерений составляют достижения аналитической и физической химии, метрологии и приборостроения.

Две упомянутые сферы, охватываемые физико-химическими измерениями, соответствуют двум группам измеряемых величин [3], характеризующих свойства и, соответственно, состав веществ и материалов. Величина, входящая в группу I, может служить входной величиной уравнения измерений другой величины, входящей во группу II, т. е. может служить аналитическим сигналом для нахождения содержания компонента. Связь этих двух групп измеряемых величин показана на схеме 1.



Схема 1. Структура физико-химических измерений

Термин «физико-химические измерения» имеет давнюю историю в химическом сообществе. Уже в 1921 г. при образовании Международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC) в составе Отделения физической химии была создана Комиссия по физико-химическим измерениям и эталонам. В задачи этой комиссии входила, в частности,

публикация Каталога стандартных образцов, аттестованных национальными лабораториями, для воспроизведения величин, выражающих те или иные физико-химические свойства (но не химический состав). Так, в Каталог 1976 г. входили стандартные образцы для определения 25 физико-химических свойств, таких как вязкость, давление паров, диэлектрическая проницаемость, молекулярный вес полимеров, молярная электропроводность, плотность, теплота растворения и теплота сгорания и т. д. [4].

О серьезном внимании, которое всегда уделялось измерению физико-химических величин, можно судить по книге Вильгельма Оствальда «Физико-химические измерения» (Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung Physiko-chemischer Messungen) [5], вышедшей в 1893 г. и в последующем многократно переработанной его учениками. Эта книга явилась первым руководством по выполнению измерений в физико-химическом эксперименте. Как сказано в предисловии к русскому изданию (1934 г.), «эта книга является непревзойденным руководством и очень ценным справочником по производству точных физико-химических измерений, необходимых во всякой лаборатории, производящей научные исследования в области физической химии...».

Действительно, все рассматриваемые в книге измерения: массы, объема, плотности молекулярного веса, температуры плавления и температуры кипения и т. д. — это измерения величин, выражающих важнейшие свойства химических соединений; все эти величины входят в группу I на изображенной выше схеме.

Современный перечень физико-химических величин намного шире. Так, международный стандарт ИСО 80000–9 на величины и единицы физической химии и молекулярной физики [6] содержит 70 величин, из них семь — как раз те, которые характеризуют компонентный состав веществ и их смесей, — см. табл. 1.

Стандарт ИСО 80000–9 не является в этом смысле исчерпывающим: подробное рассмотрение величин, характеризующих состав смесей, содержится в статье [7]. Обширную информацию о величинах и единицах, используемых в различных областях, как физической химии, так и химической физики (более 500 величин), дает «Зеленая книга» [8], издаваемая Комиссией по физико-химическим обозначениям, терминологии и единицам IUPAC.

Таблица 1. Величины и единицы, характеризующие состав веществ и материалов [6]

Величина	Единица
Массовая концентрация вещества В	кг/м <sup>3</sup> , г/л
Молярная концентрация вещества В	моль/м <sup>3</sup> , моль/л
Концентрация молекул вещества В	м <sup>-3</sup>
Массовая доля вещества В	1 (% , млн <sup>-1</sup> )
Молярная доля вещества В	1 (% , млн <sup>-1</sup> )
Объемная доля вещества В	1 (% , млн <sup>-1</sup> )
Моляльность растворенного вещества В	моль/кг

Расширение содержания понятия «физико-химические измерения» произошло в 60-е годы прошлого века в связи с развитием инструментального аналитического контроля веществ и материалов в различных отраслях промышленности. Появление измерительных приборов — анализаторов, шкалы которых отградуированы в единицах содержания «измеряемого» компонента и основанных на регистрации физико-химических свойств, означало включение «измерений состава» в сферу физико-химических измерений, хотя правильнее было бы называть эти измерения аналитическими. В метрологической инфраструктуре физико-химические измерения часто рассматривают как узаконенный обобщенный термин, под которым, как правило, подразумевают именно аналитические измерения.

Примером такой двойственной терминологии может служить, например, обстоятельный доклад проф. Д. К. Коллерова, первого руководителя отдела физико-химических измерений ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, «Состояние и перспективы физико-химических (аналитических) измерений в институтах Комитета стандартов, мер и измерительных приборов», подготовленный в 1966 г. [9]. В заглавии доклада использованы оба термина, но в заголовках отдельных разделов — термин «аналитические измерения»:

- развитие и значение аналитических измерений;
- содержание аналитических измерений;
- состояние метрологии отдельных видов аналитических измерений.

Если обратиться к документам Международного бюро мер и весов (BIPM), то мы почти не найдем в них упоминания физико-химических измерений. В таблице 2 представлены результаты анализа частотности использования термина physico-chemical (и physicochemical) в отчетах ежегодных совещаний Консультативного комитета по количеству вещества: Метрология в химии и биологии (CCQM) за последние 20 лет. Физико-химические измерения (в расширенном смысле) упоминаются за этот период три раза, исключительно в связи с названием соответствующего отдела во ВНИИМ и названием международной конференции в 2008 г. в Киеве.

**Таблица 2. Термин «физико-химические» в отчетах ежегодных совещаний CCQM за период с 2000 по 2019 г.**

<b>Физико-химические измерения</b>	<b>Физико-химические методы</b>	<b>Физико-химическая характеристика</b>
Число упоминаний — три	Число упоминаний — два	Число упоминаний — три
«...a peer review of the VNIIM Physico-Chemical Department in October 2003» [12, С. 18]. «...3rd international conference on “Metrological Assurance of Physico-chemical Measurements” in Kiev in November 2008» [13, С. 28; 13, С. 40]	«...common physico-chemical measurement methods (e.g. NMR, fluorescence spectroscopy, mass spectrometry, liquid chromatography, electrophoresis)» [10, С. 80]. «biological products which could not be standardized by physico-chemical methods alone» [11, С. 20]	«...the WHO has defined a biological substance as «a substance which cannot be completely characterized by physico-chemical means alone» [12, С. 23]. «...trends in physico-chemical characterization of biological materials» [14, С. 14] «...the development of reference measurement systems ...for large molecule analytes where physicochemical characterization is required» [15, С. 15]

Столь ограниченное распространение термина «физико-химические измерения» в международном метрологическом сообществе говорит о том, что этот термин недостаточно четко и однозначно отражает стоящее за ним понятие. Действительно, как было представлено на схеме, этот термин распространяется на два понятия, относящиеся (1) к определению физико-химических свойств и (2) к определению состава веществ и материалов. Эти два понятия должны быть разграничены терминологически.

По-видимому, было бы правильно оставить за термином «физико-химические измерения» измерение большого числа величин, которые выражают физико-химические свойства, — именно так, как это было сделано при становлении физической химии как науки [4]. Имеющие же большое практическое значение измерения величин, характеризующих состав веществ и материалов (при относительно небольшом числе этих величин), целесообразно называть термином «аналитические измерения».

Современные химико-аналитические измерения играют огромную роль в решении проблем, стоящих перед человечеством:

- глобальное изменение климата;
- загрязнение окружающей среды;
- повышение эффективности добычи и использования ископаемых видов топлива;
- утилизация ядерных, промышленных, бытовых отходов;
- широкое применение экологически рациональной энергетики;
- обеспечение надежности измерений в области здравоохранения;
- безопасность воды и продуктов питания;
- открытие и применения новых материалов.

Последние двадцать лет идет интенсивный процесс создания отечественной инфраструктуры химико-аналитических измерений, призванной обеспечивать их единство и достоверность.

Количество химико-аналитических измерений определяется уровнем развития отечественной инструментальной базы и отечественными нормативно-методическими документами, обеспечивающими единообразный подход всех, кто занимается химико-аналитическими измерениями.

В настоящее время, к сожалению, отечественное приборостроение в части производства аналитических приборов отстает от зарубежного, хотя и идет довольно мощный процесс импортозамещения, особенно для автоматических приборов и систем непрерывного действия, некоторых типов переносных и портативных приборов.

Анализ отечественной нормативно-методической базы показывает, что недостаточно существующих научно-технических документов.

### **I. Методика химического анализа как измерительная процедура: стандартизация метрологических требований**

«От химического анализа к аналитическим измерениям» — так была озаглавлена часто цитируемая публикация [16], посвященная развитию аналитических измерений и их метрологического обеспечения в России. Заглавие не совсем точно, поскольку количественный химический анализ (КХА) — это, безусловно и всегда, измерение, так что говорить о «превращении КХА в специфический вид измерений» можно, только имея в виду необходимость выполнения норм и правил, накладываемых законодательной метрологией. Фактически речь идет о создании метрологической инфраструктуры аналитических измерений, призванной служить достижению их единства и достоверности. Одним из направлений метрологического обеспечения аналитических измерений, помимо создания иерархических



схем и стандартных образцов, является развитие научной и практической методологии методик измерений, включая этапы их разработки, аттестации и применения.

Центральное место в этой методологии занимает понятие «методика выполнения измерений» (МВИ), сформулированное в 1970-е гг. в работах отечественных метрологов [17]. Под МВИ понимают совокупность операций, правил и условий, выполнение которых обеспечивает получение результата измерений с заданной точностью. Это значит, что измерения проводятся по заранее разработанной, регламентированной методике, при этом погрешности всех (любых) результатов, получаемых по этой методике в заданных условиях, заранее оценены и известны. С понятием МВИ тесно связано подразделение измерений на лабораторные и технические, впервые введенное еще М. Ф. Маликовым: «Под лабораторными понимаются измерения, при выполнении которых производится учет точности измерений, а под техническими — измерения, для которых наперед принимается определенная точность, достаточная для данной практической цели» [18]. В задачах аналитического контроля важны именно эти «технические», массовые измерения, выполняемые в заданных условиях по определенной методике, разработанной и исследованной заранее, до проведения самих измерений. Технические измерения требуют гораздо более жесткой, чем лабораторные измерения, нормативной и методической базы, которая регулировала бы правила организации и проведения таких измерений.

Первым нормативным документом Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), относящимся к методикам, был ГОСТ 8.010–72 [19], определивший общие требования к стандартизации и аттестации методик выполнения измерений. Стандарт впервые установил порядок проведения аттестации таких методик и дал определение этой метрологической процедуры: метрологическая аттестация методики выполнения измерений — исследования, направленные на определение значений показателей точности измерений, выполняемых в соответствии с данной методикой.

Важным этапом стало введение в ГСИ одновременно двух стандартов, ГОСТ 8.504–84 [20] и ГОСТ 8.505–84 [21], имеющих отношение к химическому анализу и регламентирующих методики выполнения измерений содержания компонентов проб веществ и материалов. В ГОСТ 8.505–84 в пояснении к использованным терминам ([22, Приложение 4] дано, в частности, определение «МВИ содержания компонента проб веществ и материалов»: способ (совокупность условий и операций) выполнения измерений содержания компонента проб веществ и материалов, обеспечивающий получение результатов анализа с установленными характеристиками погрешности (значениями показателя точности измерений, выполняемых по МВИ). В приложениях к стандарту были приведены способы выражения показателя точности, содержание документов в том, что касается методики приготовления смесей, применяемых для аттестации, а также форма свидетельства о метрологической аттестации МВИ. ГОСТ 8.504–84 давал описание всех разделов документа на методику, начиная от вводной части и норм точности и заканчивая контролем погрешности измерений. В 1990 г. эти два, можно сказать, «пионерских» стандарта ГСИ, относящиеся к методикам количественного химического анализа, были заменены новой редакцией ГОСТ 8.010 [7], где эти методики рассматривались как частный случай МВИ. Особенности методик химического анализа, в частности применяемые в них способы установления характеристик погрешности, были подробно изложены в Приложении 1 к основному тексту стандарта. Аналогичный подход был использован и в последующих редакциях государственного стандарта на методики измерений.

Утвержденный в 1996 г. российский стандарт ГОСТ Р 8.563–96 «ГСИ. Методики выполнения измерений» [23] ознаменовал новый этап в развитии нормативной базы аналитических

измерений. (Стандарт распространялся на вновь разрабатываемые и пересматриваемые методики выполнения измерений, включая методики количественного химического анализа.) В этом документе было дано наконец определение МВИ, которое раньше только подразумевалось: совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной погрешностью. Изменением № 2, принятым в 2002 г., слова «с известной погрешностью» в этом определении были заменены на «с установленной погрешностью (неопределенностью)».

Там же было дано определение понятия «аттестация МВИ», в котором акцент сделан на конечной цели аттестации — оценке соответствия метрологическим требованиям: процедура установления и подтверждения соответствия МВИ предъявляемым к ней метрологическим требованиям.

Наконец действующий в настоящее время ГОСТ Р 8.563–2009 «ГСИ. Методики (методы) измерений» [24] дал определение «методики измерений» (слово «выполнения» авторы посчитали лишним), аналогичное установленному в 2008 г. в Федеральном законе № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»: методика (метод) измерений — совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности.

Это определение вызвало волну справедливой критики в метрологическом сообществе ввиду того, что речь должна идти именно о методике, а не о методе измерений. Методика измерений как «совокупность конкретно описанных операций» и метод измерений как «общее описание логической последовательности операций при измерении» [25 (2.5)] — два разных понятия, зафиксированные как в международной [25], так и в российской [26] метрологической терминологии. Объединение этих двух понятий нарушает строгость терминологии и не может быть оправдано. На некорректность такого объединения сначала в Законе № 102-ФЗ, а затем в ГОСТ Р 8.563–2009 обращали внимание многие специалисты (см., например, [27, 28]). Дело, однако, не только в пренебрежении к метрологической терминологии. Принципиально важно то, что установить показатели точности (неопределенность) можно только для совокупности конкретно описанных операций и правил, т. е. для детально регламентированной процедуры — методики измерений. Метод измерений невозможно охарактеризовать каким-либо фиксированным показателем точности, и, следовательно, метод измерений невозможно аттестовать. Видимо, сознавая это, разработчики ГОСТ Р 8.563–2009 использовали традиционное словосочетание «аттестация методики измерений», хотя в Законе № 102-ФЗ установлена «аттестация методик (методов) измерений».

Отметим также, что определение к термину «аттестация методики измерений» указывает теперь на оба аспекта аттестации — исследование, т. е. установление показателей точности, и подтверждение соответствия: аттестация методик измерений — исследование и подтверждение соответствия методик измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям.

Между тем введение термина «методика измерений» вместо прежнего «методика выполнения измерений» вносит в метрологическую терминологию серьезную путаницу. Термин «методика (выполнения) измерений» («measurement procedure») вошел в отечественную метрологическую терминологию (РМГ 29–2013) [31] в результате ее «гармонизации» с международной терминологией (VIM3–2008) [25], но он означает лишь «установленную логическую последовательность операций и правил при измерении...» [26 (4.11)]. В отличие от «методики выполнения измерений» это понятие не содержит того определяющего признака — получения результатов измерений «с известной погрешностью» или «с установ-

ленными показателями точности», — который, собственно, и превращает методику измерений в МВИ. Получается, что слова «методика измерений» в ГОСТ Р 8.563–2009 и «методика (выполнения) измерений» в РМГ 29–2013 выражают разные понятия, и эту ситуацию никак нельзя признать удовлетворительной.

Положение, к сожалению, не сводится к терминологическим противоречиям в рамках одного стандарта. Другой стандарт, ГОСТ 8.010, тот самый, с которого начиналась стандартизация в области МВИ, был пересмотрен в 1999 и 2013 гг. и действует по сей день. ГОСТ 8.010–2013 «ГСИ. Методики выполнения измерений» [29] принят в качестве межгосударственного стандарта, а с 1 марта 2015 г. введен в действие в качестве национального стандарта. И он также использует противоречивую терминологию. Подобно тому как термин «методика измерений» в ГОСТ Р 8.563–2009 не согласуется со своим определением (фактически это есть определение МВИ), термин «методика выполнения измерений» в ГОСТ 8.010–2013 не согласуется со своим, поскольку это определение, взятое из РМГ 29–2013 [26 (4.11)], не содержит существенный признак, характеризующий МВИ.

В итоге попытка реализовать в виде национального стандарта требования к методикам (методам) измерений, установленные в Законе «Об обеспечении единства измерений», привела к параллельному существованию в ГСИ двух стандартов, одного — на методики (методы) измерений и второго — на методики выполнения измерений, каждый со своей противоречивой терминологией.

## **II. Показатели точности в методиках аналитических измерений — от характеристик погрешности к неопределенности измерений**

Вопрос, как выражать показатели точности в методиках аналитических измерений (напомним, что числовые значения этих показателей характеризуют МВИ), всегда оставался важным, поскольку от решения этого вопроса зависят подходы к аттестации методики и представление результатов аттестации. В нормативных документах, регламентирующих методики анализа, всегда давались определенные рекомендации по этому вопросу.

Первый стандарт на методики аналитических измерений, ГОСТ 8.505–84 [21, Приложение 1], предлагал выражать показатель точности измерений одним из следующих способов:

1) границами  $\Delta_n$  и  $\Delta_b$ , соответствующими принятой вероятности  $P$ , возможных значений (суммарной) погрешности измерений;

2) совокупностью характеристик, составляющих погрешности:

— значением СКО случайной составляющей погрешности при допускаемых методикой изменениях влияющих факторов МВИ-показателем воспроизводимости измерений,

— границами  $\Delta_{сн}$  и  $\Delta_{св}$ , соответствующими принятой вероятности  $P$ , возможных значений систематической составляющей погрешности при допускаемых методикой изменениях влияющих факторов пробы, т. е. при варьировании матрицы проб, — показателем правильности. (Значение термина «воспроизводимость» в ГОСТ 8.505–84 отличается от современного и включает как межлабораторную, так и внутрилабораторную изменчивость.)

Методология оценивания показателей точности (приписанных характеристик погрешности) методик химического анализа, включая планы экспериментов и алгоритмы оценивания, была разработана в 1980-е гг. отечественными специалистами [30]. Результатом этой работы стал нормативный документ МИ 2336–95 [31], в последующем неоднократно перерабатывавшийся.

ГОСТ 8.010–90 [22], а затем и ГОСТ Р 8.563–96 [23] содержали уже более подробные рекомендации по установлению показателей точности (характеристик погрешности

измерений) в методиках анализа. Характеристику суммарной погрешности находили как суперпозицию случайной и систематической составляющих. Значения систематической составляющей погрешности рекомендовалось находить:

- с применением набора образцов для аттестации, охватывающих допустимые методикой значения содержаний определяемого и сопутствующих компонентов;
- путем варьирования навесок или разбавления проб в сочетании с методом добавок определяемого и сопутствующих компонентов.

Эти приемы позволяют оценить вклады в систематическую погрешность каждого из влияющих факторов пробы и получить оценки постоянной и варьiruемой части систематической погрешности.

Существенные изменения (и существенная путаница) в методологии оценивания показателей точности были внесены в 2002 г. с введением в действие серии стандартов ГОСТ Р ИСО 5725–2002 [32], целью которых было прямое применение в России международного стандарта ИСО 5725. В основе этих стандартов лежит классический подход к количественному выражению точности в виде двух показателей: (1) стандартного отклонения или соответствующего доверительного интервала, характеризующих случайную погрешность, и (2) смещения (границ смещения) как оценки систематической погрешности, причем эти показатели оценивают на основе межлабораторного эксперимента. Это последнее обстоятельство стало предметом серьезных дискуссий, например [33, 34], показавших ошибочность распространения стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 на все методики, включая те, которые предназначены для применения в конкретной лаборатории и межлабораторное исследование которых не предусматривается. Необходимость межлабораторного исследования диктуется назначением методики и возникает только на определенном уровне стандартизации. Как показывает анализ [18], даже для методик, стандартизуемых на международном уровне, требование их исследования в межлабораторном эксперименте не является абсолютно обязательным.

Другое важное обстоятельство: методология стандартов ИСО 5725 — это методология не метрологическая, а статистическая. Она опирается на статистическое понятие точности — степени близости результата измерений к принятому (в данном оценочном эксперименте) опорному значению [32 (3.6)], а не к истинному значению измеряемой величины, как это принято в метрологической терминологии [26 (5.7)]. Принципиально важным свойством результата измерений является его метрологическая прослеживаемость, которая обеспечивает сопоставимость результатов. В стандартах ИСО 5725 прослеживаемость к эталонам не упоминается; здесь задача обеспечения сопоставимости результатов решается путем применения стандартизированной методики, а оценка точности дается исключительно исходя из статистического анализа данных, полученных в достаточно широком (межлабораторном) эксперименте.

Кампания по внедрению ГОСТ Р 5725–2002 в отечественную практику не учла то обстоятельство, что многие метрологические термины и понятия не согласуются с кажущимися эквивалентными статистическими терминами и понятиями, использованными в этом стандарте. Так, «характеристика систематической составляющей погрешности», принятая в отечественной метрологии [35], — это среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической составляющей погрешности измерений. Такой характеристикой может быть стандартное отклонение или граница интервала, в котором эта погрешность находится с заданной вероятностью. Используемое же в стандартах ИСО 5725 традиционное понятие систематической погрешности выражает постоянное (неслучайное) систематическое смещение, значение которого характеризует правильность. В итоге изменения,

внесенные в нормативные документы по метрологии, в частности в ГОСТ Р 8.563–96 (Изм. №2, ИУС 10–2002), привели к путанице. В ГОСТ Р ИСО 5725 не содержатся «процедуры установления приписанных характеристик составляющих погрешности (случайной и систематической) МВИ и результатов измерений», как это утверждалось в измененном ГОСТ Р 8.563–96 [23 (3.5, Примеч. 1)].

Важной вехой в развитии методологии оценивания точности явился выход в 1993 г. международного Руководства по выражению неопределенности в измерениях (в английской аббревиатуре — GUM) [36], установившего единые правила нахождения и выражения неопределенности измерений в различных областях деятельности. Методология этого Руководства была вскоре адаптирована к задачам аналитической химии — это было сделано Рабочей группой по неопределенности измерений, учрежденной в составе ЕВРАХИМ. Так появилось Руководство ЕВРАХИМ [37], которое за рубежом стало основным документом по оцениванию неопределенности измерений в аналитических лабораториях. Постоянно обогащаясь новыми подходами и примерами, Руководство ЕВРАХИМ представлено ныне третьим изданием [38], доступным, как и предыдущие два, русскоязычному читателю.

Подход к оцениванию неопределенности на основе GUM, предполагающий рассмотрение индивидуальных источников неопределенности и суммирование вкладов в соответствии с уравнением (математической моделью) измерений, не является единственно возможным. Альтернативой ему является традиционное исследование точности аналитической методики «в целом» на основе данных, полученных при ее межлабораторной валидации. Первый подход часто называют модельным, или «снизу вверх», второй — эмпирическим, или «сверху вниз». На практике комбинация этих двух подходов оказывается наиболее эффективной.

Учитывая оба эти подхода, Руководство ЕВРАХИМ показывает, как для оценивания неопределенности можно использовать различные источники информации:

- данные, полученные при разработке и валидации методики;
- результаты процедур внутреннего контроля качества;
- результаты участия лаборатории в программах проверки квалификации и т. д.

Эмпирический подход к оцениванию неопределенности в широком классе экспериментальных процедур, именуемых «количественное испытание», получил развитие в документе EUROLAB [39]. Особое внимание здесь уделено, в частности, рациональному использованию оценок правильности и прецизионности, получаемых в ходе валидационных исследований. В случае внутрिलाбораторной валидации обнаруженное значимое смещение просто включают в оценку стандартной неопределенности, хотя это и противоречит теоретическим принципам GUM. При наличии данных по межлабораторной валидации лаборатория должна предварительно показать, что 1) условия текущих измерений и характер анализируемых проб — те же, что и в межлабораторном эксперименте, и 2) правильность и прецизионность, достигнутые в данной лаборатории, соответствуют оценкам, полученным в межлабораторном исследовании. Подробному изложению этого подхода посвящен ГОСТ Р ИСО 21748–2012 [40].

В России процесс освоения международно-принятых метрологических подходов к выражению качества аналитических измерений продолжается уже четверть века. Этот процесс рассматривается как «переходный период» с присущими ему трудностями [41]. Трудности объясняются несколькими причинами, прежде всего наличием у нас давно сложившейся и закрепленной множеством нормативных документов системы терминов, основанных на понятии «погрешность измерений».

Что мешает и что способствует продвижению концепции неопределенности измерений в российской аналитике?

Мешает:

- традиционная терминология, закрепленная в научной документации и основанная на понятии «погрешность»;
- отсутствие четкости в трактовке неопределенности измерений в современных НД по оцениванию показателей точности.

Способствует:

- требования по оцениванию неопределенности измерений, содержащиеся в ИСО/МЭК 17025 [42 (7.6)];
- наличие переводов на русский язык руководств ЕВРАХИМ/СИТАК;
- выполнение аналитических работ для иностранных заказчиков, например, при контроле экспортной продукции;
- контакты с международными организациями аналитиков и метрологов.

В России основным нормативным документом по оцениванию показателей точности методик количественного анализа в настоящее время являются Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 61–2010 [43], которые призваны учесть последние тенденции и подходы. Так, показателем точности методики анализа справедливо считается «значение неопределенности или характеристики погрешности, установленное для любого результата анализа, полученного при соблюдении требований и правил данной методики» [43 (3.1.12)]. (Видимо, учитывая трудности переходного периода, в тексте документа часто стоит словосочетание «погрешность (неопределенность) измерений».) Однако стремление выразить все показатели качества методики анализа в терминах неопределенности приводит к явному недоразумению. Это хорошо видно на примере показателя правильности, как он представлен в этом документе: показатель правильности методики анализа — значение неопределенности смещения или приписанной характеристики систематической погрешности, полученное на основе результатов измерений разных лабораторий [43 (3.1.13)].

Получается, что показателем правильности является не само смещение, т. е. оценка систематической погрешности, а неопределенность смещения. Такая трактовка правильности противоречит общепринятым представлениям, зафиксированным во множестве руководств по качеству в аналитической химии и нормативных документах (см., например, ГОСТ Р ИСО 5725, п. 3.7, Примеч. 2).

Кроме того, показатель воспроизводимости методики анализа [43 (3.1.14)] сформулирован как значение неопределенности, полученное в условиях воспроизводимости, а показатель повторяемости [43 (3.1.15)] — как значение неопределенности, полученное в условиях повторяемости. Дело представлено таким образом, будто неопределенность измерений включает только случайные эффекты и ее значение получается непосредственно из экспериментов по оценке прецизионности. Такое представление неверно — оно не учитывает наличие составляющих неопределенности, оцениваемых по типу В [25 (2.26, Примеч. 3)]. О том, что «неопределенность измерений не является синонимом повторяемости измерений или воспроизводимости измерений» [44], как-то уже неловко говорить.

Рекомендации РМГ 61–2010 содержат алгоритмы оценивания показателей точности (правильности, прецизионности) методик аналитических измерений, когда экспериментальные данные получены в одной или нескольких лабораториях. Эти алгоритмы включают использование набора образцов с известным содержанием компонентов либо методики с известными показателями точности, применение метода добавок (включая разбавление проб), метода варьирования навесок и другие подходы. Разнообразие этих подходов

могло бы сделать РМГ 61 универсальным руководством при установлении показателей точности методик анализа. Однако формальный метод изложения, отсутствие примеров и противоречивая терминология делают этот нормативный документ трудноприменимым на практике. Неопределенность измерений, как наиболее важный показатель качества методики анализа, целесообразно оценивать, следуя международно принятым документам, таким как Руководство ЕВРАХИМ [38].

Мощным драйвером для развития отечественных химико-аналитических измерений является участие национальных метрологических институтов РФ в проведении международных ключевых сличений. Одной из региональных метрологических организаций является КООМЕТ, объединяющая в основном страны СНГ.

В КООМЕТ функционирует технический комитет (ТК) 1.8. на базе ВНИИМ имени Д.И. Менделеева.

### **III. ТК 1.8. КООМЕТ — технический комитет — физико-химические измерения**

Технический комитет (ТК) 1.8 КООМЕТ объединяет деятельность в области метрологии химико-аналитических измерений стран, входящих в состав КООМЕТ. Из 21 страны-участницы ТК 1.8 КООМЕТ [1] 17 стран подписали соглашение о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровок и измерений, выпущенных национальными метрологическими институтами (MRA) [2]. Из этих стран 2\* страны принимают активное участие в консультативном комитете VIPM в области метрологии в химии и биологии (CCQM). В то же время на сегодняшний день в международной базе данных калибровочных и измерительных возможностей (KCDB) [3] зарегистрированы строки от четырех стран (Россия, Украина, Беларусь и Казахстан).

В настоящее время ТК 1.8 имеет следующую структуру:

- председатель ТК,
- два заместителя председателя ТК,
- подкомитеты:
  - ПК 1.8.1 «Электрохимия»,
  - ПК 1.8.2 «Металлы и сплавы»,
  - ПК 1.8.3 «Чистые неорганические вещества»,
  - ПК 1.8.4 «Газовый анализ»,
  - ПК 1.8.5 «Органический и неорганический анализ»,
  - ПК 1.8.6 «Биоанализ».

В связи с возрастающей активностью в области изотопного анализа обсуждается вопрос целесообразности организации подкомитета по измерениям соотношения изотопов в твердых, жидких и газообразных веществах.

Количество калибровочных и измерительных возможностей (далее КИВ), имеющих в базе данных Международного бюро мер и весов (далее VIPM) в области метрологии в химии и биологии входящих в КООМЕТ стран, представлено на диаграмме на рис. 1. Распределение указанных КИВ КООМЕТ по измерительным категориям представлено на рис. 2.

Количество вещества имеет первостепенное значение в химии и химической метрологии. Оно было принято в качестве одной из семи основных величин Международной системы величин в 1971 г. 14-й Генеральной конференцией по мерам и весам. Одновременно была установлена основная единица количества вещества, моль, которая должна была устранить путаницу между единицей эквивалентной массы, грамм-моль, и единицей массы, грамм. Термин «моль» (Mol, mole) появился еще в конце XIX в. (впервые в книге Нернста) как сокращение от «грамм-моль» («g-mole», «g-molecule», «g-atom», «g-equivalent») [4].



Рис. 1. Количество КИВ, имеющих в базе данных ВІРМ в области метрологии в химии и биологии, входящих в КООМЕТ стран



Рис. 2. Распределение указанных КИВ КООМЕТ по измерительным категориям



Принятое в 1971 г. определение моля, состоящее из двух параграфов, гласит:

1. Моль есть количество вещества системы, содержащей столько структурных элементов, сколько атомов содержится в углероде-12 массой 0,012 кг; обозначение — «моль» («mol»).

2 При применении моля структурные элементы должны быть указаны конкретно. Это могут быть атомы, молекулы, ионы, электроны, другие частицы или определенные группы частиц.

Таким образом, моль выражает количество вещества через число атомов, содержащихся в строго определенной массе углерода-12. За этим стоит принятое ранее соглашение о выборе относительной атомной массы (известной также как «атомный вес») изотопа углерода-12 ( $^{12}\text{C}$ ), точно равной 12. Это соглашение является основой используемой сегодня шкалы атомных и молекулярных весов. Легко заметить, что в приведенном определении моля единица одной величины, количества вещества, опирается на единицу другой величины, массы, т. е. на Международный прототип килограмма. Желание «отстроиться» от килограмма явилось одной из причин начатой в 2009–2011 гг. реформы по переопределению моля и других единиц [5].

Новое определение моля, утвержденное Решением 106-го заседания Международного комитета по мерам и весам (октябрь 2017 г.) [6] и рекомендованное ИЮПАК [7], таково:

Моль, обозначение — «моль» («mol»), есть единица количества вещества в СИ. Один моль содержит точно  $6,02214076 \times 10^{23}$  структурных элементов. Это число есть зафиксированное числовое значение постоянной Авогадро,  $N_A$ , выраженное в моль-1 и называемое числом Авогадро.

Количество вещества, обозначение —  $n$ , системы является мерой числа конкретных структурных элементов. Структурными элементами могут быть атомы, молекулы, ионы, электроны, другие частицы или определенные группы частиц.

Это определение ясно показывает, что количество вещества и масса — это разные величины. Кроме того, оно ликвидирует двойственность, имевшую место при описании объекта в терминах количества вещества и числа частиц. Теперь это одно и то же — количество вещества является мерой числа частиц.

Переопределение моля, в принципе, не влияет на неопределенность измерений этих величин.

При измерении количества вещества и связанных с ним производных величин, таких как молярная концентрация или молярное содержание компонента, дополнительная неопределенность в значениях молярных масс, возникающая при переходе к новой СИ, настолько мала, что этот переход практически не может повлиять на неопределенность измерений.

При измерении производных величин, которые представляют собой отношение одноименных величин, дополнительная неопределенность вообще не возникает. Поэтому нет оснований опасаться, что переопределение моля может каким-то образом повлиять на точность аналитических измерений, как массовых, выполняемых в аналитических лабораториях, так и измерений высшего уровня, которые выполняются метрологическими институтами.

В статье [8] подчеркивается, что недавний пересмотр СИ еще более обострил необходимость отличать количество вещества от подсчета количеств.

Особенностью современных химико-аналитических измерений является необходимость применения внесистемных единиц, таких как дельта-значений отношения изотопов; измеряемых величин, связанных с межбелковыми серологическими взаимодействиями, такими, как реакция антиген-антитело, конформационными измерениями структуры белка и другими биологически значимыми показателями, выражаемыми в настоящее время в международных единицах ВОЗ; инфицирующая доза, доза инфекционного агента

(вирионов, бактерий), размер фрагмента специфической последовательности одноцепочной нуклеиновой кислоты, ДНК или РНК и других.

Международный комитет мер и весов в своем решении СИРМ/104–26 от 03.2015 подчеркивает важность работ, ведущихся в национальных метрологических институтах в части установления прослеживаемости внесистемных единиц к единицам СИ, например путем разработки абсолютных измерений отношений изотопов.

Наиболее актуальной задачей ТК 1.8 на современном этапе является подготовка и проведение ключевых сличений в следующих новых областях:

- измерение соотношения изотопов в различных твердых, жидких и газообразных веществах;
- измерение содержания примесей в чистых твердых и жидких веществах;
- установление биологически значимых параметров макромолекул (РНК, ДНК, пептиды, белки и т. д.) и их комплексов биологического происхождения (органеллы, клетки, и т. д.);
- измерение дисперсных параметров аэрозолей, частиц, взвесей и порошковых материалов;
- измерение содержания аналитов в биологических пробах человека для лабораторной медицинской диагностики;
- измерение содержания различных газовых компонентов в воздухе атмосферы городов, в выбросах промышленных предприятий, в парниковых газах, поступающих в атмосферу.

Участие НМИ РФ совместно с участием НМИ стран, входящих в КООМЕТ, в международных ключевых сличениях, требующих от их участников воспроизведения единицы величин различных органических, неорганических газовых компонентов в различных средах, в том числе и твердых частиц, является стимулирующим фактором развития отечественной эталонной базы химико-аналитических измерений.

## Литература

1. Гинак Е. Б. Метрологическая реформа Д. И. Менделеева (конец XIX–XX вв.). М.: Знание, Инициале, 2013.
2. МИ 2222–92. Рекомендация. ГСИ. Виды измерений. Классификация.
3. Олейник Б. Н., Александров Ю. И., Гершкович Е. А., Горелик Д. О., Лебедева Т. А. Основные научные направления в области физико-химических измерений и перспективы их развития // Исследования в области физико-химических измерений. Сб. науч. тр. НПО ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, Л., 1980. С. 3–15.
4. Physicochemical measurements: Catalogue of reference materials from national laboratories. Commission on Physicochemical Measurements and Standards. Physical Chemistry Division. IUPAC. Pure Appl. Chem., 1976, Vol. 48, No. 4, 503–515.
5. Оствальд В., Лютер Р., Друкер К. Физико-химические измерения. Ч. I. Л.: Госхимтехиздат, 1934. Ч. II. Л.: Госхимтехиздат, 1935.
6. ISO 80000–9. Quantities and units — Part 9: Physical chemistry and molecular physics.
7. Kvitaš T. Quantities describing compositions of mixtures // Metrologia, 1996. Vol. 33, 35–39.
8. Quantities, Units, and Symbols in Physical Chemistry, IUPAC Green Book, 3rd ed. RSC Publishing, 2007.
9. Состояние и перспективы физико-химических (аналитических) измерений в институтах Комитета стандартов, мер и измерительных приборов. Состояние ведомственного и государственного надзора за приборами, находящимися в промышленности. Доклад нач. отдела физико-химических измерений ВНИИМ им. Д. И. Менделеева д. т. н. Коллерова Д. К. Л.: ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, Комитет стандартов, мер и измерительных приборов. 1966.

10. CCQM. 6th Meeting (April 2000).
11. CCQM. Report of the 10th meeting (22–23 April 2004) to the International Committee for Weights and Measures.
12. CCQM. Report of the 11th meeting (14–15 April 2005) to the International Committee for Weights and Measures.
13. CCQM. Report of the 14th meeting (3–4 April 2008) to the International Committee for Weights and Measures.
14. CCQM. Report of the 15th meeting (22–24 April 2009) to the International Committee for Weights and Measures.
15. CCQM. Report of the 16th meeting (15–16 April 2010) to the International Committee for Weights and Measures.
16. Конопелько Л. А., Нежиховский Г. Р. От химического анализа к аналитическим измерениям // Измерительная техника. 2007. № 11. С. 66–71.
17. Земельман М. А., Миф Н. П. Планирование технических измерений и оценка их погрешностей. М.: Издательство стандартов, 1978.
18. Маликов М. Ф. Основы метрологии. Ч. 1. Учение об измерении. М.: Комитет по делам мер и измерительных приборов при Совете министров СССР. 1949. С. 41.
19. ГОСТ 8.010–72. ГСИ. Общие требования к стандартизации и аттестации методик выполнения измерений. М.: Издательство стандартов, 1984.
20. ГОСТ 8.504–84. ГСИ. Требования к построению, содержанию и изложению документов, регламентирующих методики выполнения измерений содержаний компонентов проб веществ и материалов. М.: Издательство стандартов, 1985.
21. ГОСТ 8.505–84. ГСИ. Метрологическая аттестация методик выполнения измерений содержаний компонентов проб веществ и материалов. М.: Издательство стандартов, 1985.
22. ГОСТ 8.010–90. ГСИ. Методики выполнения измерений. М.: Издательство стандартов, 1991.
23. ГОСТ Р 8.563–96. ГСИ. Методики выполнения измерений. М.: Издательство стандартов, 1996. Изм. № 2. Принято и введено в действие Постановлением Госстандарта России от 12.08.2002 № 297-ст.
24. ГОСТ Р 8.563–2009. ГСИ. Методики (методы) измерений. М.: Стандартиформ, 2010.
25. Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины. Изд. 2-е, испр. СПб.: НПО «Профессионал», 2010.
26. РМГ 29–2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартиформ, 2014.
27. Архангельская Е. А., Заморенова Э. Л. Соответствие положений стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 при оценке точности результатов измерений // Аналитика и контроль. 2017. Т. 21. № 4. С. 322–331.
28. Устьянцева О. Н. О методиках и методах измерений // Законодательная и прикладная метрология. 2011. № 5. С. 6–8.
29. ГОСТ 8.010–2013 ГСИ. Методики выполнения измерений. Основные положения. М.: Стандартиформ, 2014.
30. Панева В. И., Макулов Н. А., Короткина О. Б. Разработка и аттестация методик количественного анализа проб веществ и материалов. М.: Машиностроение, 1987.
31. МИ 2336–95. Рекомендация ГСИ. Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания. Екатеринбург: УНИИМ, 1995.

32. ГОСТ Р ИСО 5725–2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Части 1–6. М.: Издательство стандартов, 2002.
33. *Кадис Р.Л.* Метрологический и статистический смысл понятия «точность» в химическом анализе. ИСО 5725, показатели точности и неопределенность измерений // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006, Т. 72. № 2. С. 53–59.
34. *Дворкин В.И., Калмановский В.И., Нежиховский Г.Р., Брюханов В.А.* Поучительный опыт прямого введения в отечественную метрологию стандарта ISO 5725 // Главный метролог. 2007. № 5. С. 14–25.
35. МИ 1317–2004. Рекомендация ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров. М.: ВНИИМС, 2004.
36. Guide to the expression of uncertainty in measurement. ISO, 1993.
37. EURACHEM. Quantifying uncertainty in analytical measurement. First edition, 1995.
38. EURACHEM/CITAC Guide CG 4. Quantifying uncertainty in analytical measurement. Third edition, 2012. Под названием «Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях» опубликовано на русском в: Валидация аналитических методик. Неопределенность в аналитических измерениях. Руководства для лабораторий/Пер. с англ. яз. под ред. Р.Л. Кадиса. СПб.: ЦОП «Профессия», 2016.
39. EUROLAB. Measurement uncertainty revisited: Alternative approaches to uncertainty evaluation. Technical Report No. 1. 2007.
40. ГОСТ Р ИСО 21748–2012. Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений. М.: Стандартинформ, 2014.
41. *Нежиховский Г.Р.* Неопределенность измерений в количественном химическом анализе: трудности переходного периода. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74. № 6. С. 70–75.
42. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М.: Стандартинформ, 2021.
43. РМГ 61–2010. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. ГСИ. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. М.: Стандартинформ, 2013.
44. *De Bièvre P.* Measurement uncertainty is not synonym of measurement repeatability or measurement reproducibility // Accreditation and Quality Assurance. 2008. V. 13. P. 61–62.

*Леонид Алексеевич Конопелько — член Научного совета по аналитической химии РАН, академик, член Президиума Метрологической академии, профессор.*

---

---

Анатолий Кривов

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОБЛЕМЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Основным вызовом для развития прикладной метрологии в последнее десятилетие является цифровизация инфраструктуры общества при особой роли **цифровизации промышленных производств** (здесь далее выделено мной. — А. К.). Все крупные промышленные корпорации и взаимодействующие с ними предприятия среднего звена строят планы технологического развития на основе системных положений концепции «Индустрия 4.0», промышленного «интернета вещей», а вопросы технологического проектирования все чаще решаются на основе BIM-технологий. Следствием этого является потребность, чтобы метрологическое обеспечение деятельности предприятий было совместимо с «облачными» технологиями, элементы измерительных и контрольных процессов — совместимы с физическими и виртуальными моделями современных процессов менеджмента и производства. К этому следует добавить, что существует запрос на развитие измерений для цифровой коммуникации, для аддитивных технологий, для биотехнологий и других новых промышленных технологий. Обобщая вышесказанное, можно предположить, что цифровизация метрологического обеспечения обещает быть основным трендом прикладной метрологии как в сторону расширения круга задач, так и в направлении повышения точности измерений.

По мере развития цифровой инфраструктуры экономики перед прикладной метрологией встали и продолжают оставаться актуальными следующие задачи:

- создание и поддержание базы знаний об измерениях, контроле и их элементах для технологической среды («метрологическое облако»);
- интеграция метрологии в единую цифровую среду обеспечения качества (метрология + стандартизация + аккредитация);
- развитие измерительных технологий для современной экономики и общества в целом (коммуникации, управление, анализ больших объемов данных, векторные измерения);
- моделирование средств и процессов измерений, в том числе виртуализация метрологических услуг.

На первом этапе цифровизации экономики была решена задача формирования базы данных о средствах, методах измерений, эталонах и других объектах государственного регулирования в области единства измерений, которая поддерживается в рамках ФГИС «Аршин». Это прообраз перспективной базы знаний, которая пока не обеспечивает решение всех задач метрологии для цифрового производства. Необходимо предусмотреть ее развитие в виде интегрированного межотраслевого «облака знаний» — основы для оценки параметров качества метрологического обеспечения производств продукции и услуг.

На современном этапе «платформизации» новых производств актуальными являются вопросы построения цифровых платформ для испытаний, контроля и измерений продукции, для выполнения метрологических услуг. Наиболее назревшим является вопрос создания цифровой платформы поверки и калибровки средств измерений и контроля. Важными вопросами повестки дня являются также технические, нормативные и методические вопросы прослеживаемости векторных измерений в энергетике, коммуникациях, в электронном

приборостроении, машиностроении и других отраслях. Для решения перечисленных задач необходимо в ближайшее время систематизировать основные понятия и подходы к решению задач прикладной метрологии до уровня, позволяющего формализовать описание всех элементов и действий, унифицировать и нормировать требования и оценку их соответствия.

В ближайшие годы следует ожидать широкого внедрения цифрового проектирования предприятий, включая технологические системы, на основе концепции ВМ-проектирования или аналогичных ей. Это потребует более высокого уровня организации метрологического обеспечения, позволяющего оценивать возможности по полноте и точности измерений продукции и технологических систем путем полной виртуализации процессов измерений и контроля, метрологических процедур. К моделям метрологического обеспечения будет предъявляться требование оценки управления метрологическими ресурсами, увязанного с основными показателями производства.

Сопоставление представленных перспектив развития метрологического обеспечения новых производств с ограничениями, вносимыми в деятельность метрологических служб отечественным законодательством, позволяет утверждать, что оно является естественным тормозом для решения задач «цифровой» метрологии. Законодательные ограничения всегда имели и будут иметь объективные основания, так как препятствуют отрицательным и опасным последствиям от неправильных измерений, но они должны соответствовать уровням рисков и быть понятны субъектам деятельности. Поэтому недостаточно четкие принципы и критерии разделения технологической сферы на области государственного и внутреннего регулирования в действующем федеральном законе — один из главных вопросов развития прикладной метрологии. К одним и тем же типам приборов могут применяться различные формы оценки соответствия, к метрологическим объектам — различные формы регулирования, а к компетентности участников метрологических работ — разные критерии. Огромный парк технических устройств со встроенными измерительными функциями находится практически вне зоны нормативного регулирования.

В Стратегии развития системы единства измерений до 2025 г. использован подход к совершенствованию действующего метрологического законодательства, определенный по результатам дискуссий начала XX в. К числу ключевых направлений развития законодательства относятся: сокращение **сферы государственного регулирования**, развитие поверки и калибровки эталонов единиц величин и средств измерений, гармонизация отечественного законодательства с требованиями международных документов, признание результатов измерений при взаимодействии хозяйствующих субъектов, совершенствование форм государственного регулирования, включая государственный метрологический надзор и метрологическую экспертизу.

Что касается сферы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений, то имеется много доводов в пользу ее сокращения. В ходе обсуждения этого вопроса экспертное сообщество продемонстрировало общее согласие с этим предложением. Однако конкретные предложения по исключению из сферы государственного регулирования тех или иных измерений практически отсутствуют. Представители прикладных областей, как правило, связывают престиж и различные стимулы метрологической деятельности с фактом «государственной принадлежности» соответствующих измерений. Это видно из результатов работы над формированием единого Перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. Принятый Правительством нормативный документ разработан на основе предложений экспертов, является избыточным и включает более 400 измерений, многие из которых становятся

реальным объектом государственного регулирования впервые. Это делает целесообразным применение механизма «регуляторной гильотины» к рассматриваемому вопросу, в частности принципа недопущения дублирования требований. Требования ко многим измерениям могут устанавливаться и уже устанавливаются в других НПА, таких как технические регламенты, обязательные нормы и правила, выпускаемые в соответствии с федеральным законодательством по отдельным отраслям деятельности (связь, энергетика, здравоохранение, транспорт и др.). Правом установления требований к измерениям, средствам измерений при выполнении работ как в сфере государственного регулирования, так и вне ее широко пользуются как государственные, так и коммерческие организации, и это право уже защищено законодательством.

В то же время безусловной защите от недостоверных измерений подлежат права граждан на защиту здоровья и окружающей среды, безопасность. Новые технологические, экологические, социальные и другие проекты потенциально могут содержать угрозу для жизни, здоровья и благополучия граждан, имущества физических и юридических лиц. Чтобы избежать этих угроз и при этом не расширять сферу государственного регулирования, целесообразно предусмотреть более широкое развитие такой формы регулирования, как обязательная метрологическая экспертиза новых проектов, создаваемых товаров и услуг с точки зрения полноты и точности измерений и контроля параметров в целях безопасности.

Реализованный в действующем законодательстве подход к установлению сферы государственного регулирования через области деятельности и перечни измерений с указанием диапазонов и показателей точности снижает возможности цифровизации прикладных метрологических задач в промышленности. Такой подход предполагает, что в одних и тех же процессах производства могут применяться измерения одних и тех же величин, как относящиеся к сфере госрегулирования, так и вне ее, с различными требованиями по точности результатов, по используемым приборам и другими различиями.

Другой пример несовершенства законодательства связан с **калибровкой средств измерений**. Прорекларированное в Стратегии увеличение доли калиброванных приборов в общем количестве отечественных СИ к 2025 г. до 70% практически невыполнимо. На основе оценки действительного значения погрешностей в ходе калибровки мы могли бы говорить о повышении точности измерений, в том числе в критически важных областях экономики. Вместо этого мы должны удовлетворяться гарантированной погрешностью приборов в пределах допускаемых значений по результатам поверки. Соответствующее увеличение погрешности измерений, иногда в несколько раз, является результатом применения норм и положений законодательства. В измерениях для испытаний продукции в сфере госрегулирования мы должны верить СИ, а в смежных измерительных задачах технологического контроля — можем верить и /или калибровать. Такое разделение необоснованно как с технической, так и с экономической стороны. Если к этому добавить новые требования законодательства по аккредитации калибровочных лабораторий, то становится понятным однозначный выбор метрологических служб предприятий в пользу более грубой (в общем случае) формы подтверждения соответствия — поверки СИ.

Указанные примеры показывают, что традиционный подход к развитию законодательства в области обеспечения единства измерений, основанный на разграничении сфер ответственности между участниками метрологической деятельности, на совершенствовании порядка осуществления форм регулирования, на уточнении требований и правил их выполнения, не в полной мере отвечает потребностям современной экономики, в первую очередь промышленных предприятий. На повестке дня должно быть реальное

снижение нетехнических барьеров до предельно допустимого уровня. Метрологическую деятельность предприятий и организаций промышленности следует планировать и осуществлять с учетом всех рисков и возможностей, в первую очередь использовать экономические критерии. Приоритетом развития нормативного и правового регулирования прикладной метрологии следует принять переход предприятий к менеджменту измерений и испытаний, предусмотренному современной методологией управления качеством по стандартам ИСО 9000 и ИСО 17000. Эти достаточно широко распространенные в отечественной промышленности стандарты могут выполнять роль единой методологии и порядка выполнения метрологических работ. Они предусматривают дополнительный учет требований законодательства. Соответственно, интересы промышленных метрологов предусматривают, чтобы нормы законодательства, требования к методам и средствам измерений, формы государственного регулирования касались только отдельных видов работ, не предполагали дополнительных форм деятельности, существенных затрат времени и средств.

Метрологические проблемы, возникающие в ходе применения действующего законодательства на современных предприятиях и в организациях, были предметом нескольких опросов практикующих метрологов в 2018–2020 гг., дискуссий на конференциях и пленарных заседаниях Межотраслевого совета по прикладной метрологии и приборостроению при Комитете РСПП по техническому регулированию и стандартизации. После включения вопросов совершенствования законодательства в план Рабочей группы по реализации механизма «регуляторной гильотины» в области обеспечения единства измерений была проведена работа по сбору предложений сформированной группы экспертов по внесению изменений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений». В настоящее время мы имеем достаточный исходный материал для анализа состояния и формирования предложений по совершенствованию законодательства, который состоит из предложений экспертов, федеральных органов исполнительной власти и ряда организаций и предприятий. Несколько десятков конкретных предложений можно объединить в пять групп:

- 1) сокращение избыточной части государственного регулирования;
- 2) приведение предметной и объектной области государственного регулирования в соответствие с потребностями общества и государства в единстве измерений;
- 3) обеспечение международного признания результатов измерений на основе международных стандартов компетентности;
- 4) учет особенностей инновационного пути развития современной экономики;
- 5) снижение затрат предприятий и организаций на деятельность по обеспечению единства измерений.

В силу различия интересов и субъективности взглядов специалистов отдельные предложения противоречат друг другу. Вместе с тем имеет место общее стремление по ограничению сферы государственного регулирования, обеспечению баланса между государственными и рыночными механизмами регулирования на базе единой методологии и порядка работ, гармонизации отечественного законодательства с международными документами.

**Анализ предложений** от экспертного сообщества показывает, что существуют трудности общесистемного характера для рассмотрения изменений законодательства. Разнообразие и большое количество предложений, а также их взаимосвязь между собой приводят к вероятности концептуальных изменений, т. е. существенных изменений структуры и базовых положений законодательства в области единства измерений. Примером может служить рассмотрение вопроса об избыточности сферы государственного регулирования,



которая сейчас описывается путем установления областей деятельности и перечней измерений в каждой области с указанием диапазонов и точности измерений. Многие эксперты считают этот способ установления сферы госрегулирования неудачным. Подтверждением такого вывода можно признать тот факт, что отсутствие до недавнего времени такого перечня измерений не мешало практической деятельности. Кроме того, законодательство не предусматривает процедуру подтверждения измерений установленным требованиям к измерениям и надзора за их соблюдением. Альтернативой может служить описание сферы государственного регулирования через виды деятельности и перечень средств измерений, применяемых в регулируемой сфере. Такой подход аналогичен государственному контролю в большинстве европейских государств и предполагает замкнутый цикл регулирования, включающий установление требований к конкретным видам средств измерений, применение форм подтверждения при выпуске в обращение и применении, государственном контроле (надзоре). Это не означает, что предлагается исключить из деятельности метрологов управление измерениями по показателям точности. Более двадцати лет метрологи-прикладники широко используют «Руководство по выражению неопределенности измерений» для оценки точности результатов. В последние несколько лет это стало практикой для аккредитованных отечественных испытательных лабораторий. Целесообразно распространить эту методологию и на метрологическую практику. В случае необходимости для отдельных областей деятельности и групп средств измерений, когда потребитель измерительной информации не может оценить точность измерений (учет коммунальных услуг, продажа топлива на АЗС и др.), может быть предложен вариант единых методик измерений с приписанными показателями точности.

В качестве первого шага по внедрению единой методологии для метрологической практики целесообразно широкое развитие **калибровочной деятельности**. В целях совершенствования и удешевления процедур оценивания точности средств измерений эксперты предлагают разрешить в сфере государственного регулирования наряду с поверкой такую форму оценки погрешности и подтверждения соответствия СИ, как калибровка. Среди доводов в пользу этого шага указывается необходимость применения сведений о действительных значениях погрешности приборов, гармонизация нашего законодательства с законодательством других государств, с требованиями международных организаций по признанию результатов измерений, многочисленными стандартами ИСО и МЭК по менеджменту качества. В современной трактовке ГОСТ ИСО 17025 предусматривает по результатам калибровки процедуру подтверждения соответствия средства измерений по характеристикам погрешности. Поэтому ограничение возможности применения в сфере государственного регулирования только поверенных средств измерений как минимум является неоправданным.

Перечисленные и другие предложения по совершенствованию законодательства меняют систему понятий, структуру законодательства, формы регулирования и порядок их применения в области обеспечения единства измерений. К таким системным изменениям можно отнести: уточнение базовых понятий «единство измерений», «измерение», «средство измерения», «эталон единицы величин», «калибровка средств измерений»; новое определение сферы государственного регулирования в области единства измерений и ее взаимодействие с госрегулированием в других отраслях экономики; введение новых и обновление традиционных форм подтверждения соответствия эталонов, СИ, СО; внедрение новых подходов к организации государственного метрологического надзора; расширение области распространения метрологической экспертизы продукции; услуг и документации. От современного этапа развития метрологического законодательства можно ожидать

упрощения структуры системы требований, сокращения сферы регулирования, увязанной со сферой регулирования в смежных областях, возможностей динамичного реагирования на запросы реальной экономики в виде оперативных изменений объектной области, разнообразия и совершенствования форм регулирования. Такое законодательство будет в большей степени соответствовать современным технологическим и социальным вызовам.

*Анатолий Сергеевич Кривов — академик, член Президиума Метрологической академии, председатель Межотраслевого совета по прикладной метрологии и приборостроению, заместитель генерального директора АО «НПФ «Диполь».*

---

---

**Борис Литвинов, Михаил Окрепилов**

## **ВНИИМ И МЕНДЕЛЕЕВСКИЕ ТРАДИЦИИ В ПОДГОТОВКЕ МЕТРОЛОГОВ**

Становление метрологии как науки и практической деятельности фактически с самого начала было неразрывно связано с подготовкой метрологических кадров. И начало этому процессу было положено в Главной палате мер и весов.

Метрологическая реформа Д.И. Менделеева являлась одной из важнейших государственных реформ, проведенных в России под руководством Министерства финансов в конце XIX — начале XX в., направленных на развитие промышленности, науки, торговли. В результате ее реализации впервые в Российском государстве была создана метрологическая инфраструктура, позволившая решить проблему обеспечения единства измерений в масштабе всей страны. Системное решение этой проблемы было невозможно без подготовки кадров метрологов, поверителей, создания научной метрологической школы.

К 1899 г. из сотрудников Главной палаты сформировалось первое поколение Менделеевской научной школы, представители которой приступили к осуществлению подготовки кадров [1]. К этому времени потребовалась подготовка не только научных кадров, но и поверителей. Д. И. Менделеев придавал этому вопросу большое значение.

В начальный период в Главной палате не существовало специализации. На работу принимались, как правило, выпускники высших учебных заведений — университетов, специалисты широкого профиля. По заданиям Д.И. Менделеева они выполняли научно-исследовательские работы по различным видам измерений. В этот период, 4 (16) июня 1899 г., было высочайше утверждено «Положение о мерах и весах», где впервые введена статья (21) о подготовке специалистов в области метрологии. В соответствии с Положением в Главной палате мер и весов началась подготовка метрологических кадров.



*Д. И. Менделеев, основоположник метрологического образования*

Первая «Программа для испытаний в знании метрологических приемов для лиц, желающих поступить поверителями в местные поверочные палатки», разработанная Главной палатой, была утверждена министром финансов С. Ю. Витте 4 апреля 1900 г. и опубликована во «Временнике Главной палаты мер и весов» [1, 2]. Программа, по существу, являлась прообразом современных государственных образовательных стандартов. Эта программа действовала до 1919 г., после чего не раз пересматривалась.

В 1925 г. прохождение метрологических курсов при Главной палате в целях обеспечения поверочных палаток высококвалифицированным персоналом и достижение единства технических приемов поверки стало обязательным для всех технических сотрудников поверочных организаций.

В постановлении Всесоюзного комитета по стандартизации при Госплане СССР от 13 марта 1931 г. о реорганизации Главной палаты мер и весов во Всесоюзный научно-исследовательский институт по метрологии и стандартизации (ВНИМС) пп. 11 и 12 были посвящены подготовке кадров:

11. «Большое внимание уделить на подготовку кадров, как для лабораторий ВИМС, так и для лабораторий местных Палат и промышленных предприятий. Обязать ВИМС представить в ВКС детально разработанный план по организации лаборатории ВТУЗа, а также по всей системе подготовки и переподготовки кадров по метрологии и стандартизации».

12. «Принять меры к скорейшему пополнению состава аспирантов, для чего утвердить положение об аспирантах и предложить ВСНХ СССР и Наркомпросу выделить для занятий аспирантских вакансий лиц, окончивших ВУЗы и ВТУЗы, и одновременно просить партийные и профсоюзные органы выделить необходимое число аспирантов-кандидатов из числа работающих на заводах».

Первые втузы (высшие технические учебные заведения) создавались в СССР в 1930 г. на базе крупных промышленных предприятий для подготовки инженеров из числа работников данного и других близких по профилю предприятий. В дальнейшем втузы не получили развития и были вновь организованы в 1960 г. В Главной палате (ВИМСе) был взят курс на интеграцию с ведущими институтами. С целью решения кадровых проблем совместно с Политехническим институтом им. М. И. Калинина, Электротехническим институтом



*Профессор М. Ф. Маликов*

им. В. И. Ульянова-Ленина, Ленинградским государственным университетом, Ленинградским институтом точной механики и оптики была организована работа со студентами двух последних курсов для подготовки их в области метрологии. Преподавателями являлись сотрудники Главной палаты (ВИМСа).

Особо следует отметить деятельность профессора М. Ф. Маликова [2], яркого представителя Менделеевской научной школы, выдающегося теоретика метрологии, крупного специалиста в области электрических измерений, талантливого экспериментатора и изобретателя, сотрудника Главной палаты — ВНИИМ с 1910 по 1960 г. Наиболее значимая работа в области образования шла с 1932 г. в Ленинградском институте точной механики и оптики, где М. Ф. Маликов организовал кафедру метрологии.

Одним из пионеров в деле подготовки кадров и внедрения метрологических знаний в инженерно-техническую



*Профессор Л. В. Залуцкий*

и научно-исследовательскую практику стал профессор Л. В. Залуцкий, который в 1925–26 гг. организовал курс метрологии в Ленинградском политехническом институте и вел его с перерывами до 1940 г. [3].

Крупный ученый в области электрических и магнитных измерений Евгений Георгиевич Шрамков основал и возглавил в Политехническом институте в 1930 г. кафедру электроизмерительной техники [4], одновременно плодотворно работая во ВНИИМ.

Аспирантура как официальная система подготовки научных кадров была организована в СССР в 1925 г., и к середине тридцатых годов обучение в аспирантуре утвердилось как основная форма подготовки научных и научно-педагогических кадров, предполагавшая написание и публичную защиту диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата и доктора наук. Подготовка аспирантов велась и во ВНИИМ. Можно вспомнить Степана Вячеславовича Горбацевича — профессора, доктора технических наук, крупного специалиста в области электрических измерений, основополож-

ника новой области в метрологии — измерение и уточнение фундаментальных физических констант. Будучи студентом, в 1927 г. С. В. Горбацевич начал работать стажером в Главной палате мер и весов, в 1930 г. поступил в аспирантуру, в 1936 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Так появлялось очередное поколение ученых Менделеевской школы.

Аспирантура и Ученый совет ВНИИМ продолжали работу и в блокадном Ленинграде [5].

В духе преемственности подготовка научных кадров высшей квалификации через аспирантуру проводится до настоящего времени.

При смене поколений научных кадров сохраняются традиции национальной научной школы в области метрологии, заложенные еще при Д. И. Менделееве. В качестве примера можно рассмотреть этапы развития эталонов в области измерения электрического сопротивления.

Профессор Михаил Федосеевич Маликов совместно с Александром Николаевичем Георгиевским создал первые ртутные образцы международного ома (1913) и первый в России государственный первичный эталон ома (1925). В довоенный период он создал меры электрического сопротивления новой конструкции, разработал первые поверочные схемы, провел международные сличения. Совместно с М. Ф. Маликовым работал его ученик — аспирант С. В. Горбацевич. В послевоенные годы профессор С. В. Горбацевич руководил работами по развитию первичного эталона ома, обновлению его состава. Совместно с ним начинал свою деятельность во ВНИИМ аспирант Василий Петрович Шигорин. С именем В. П. Шигорина связано создание и совершенствование всей системы воспроизведения и передачи единицы электрического сопротивления, наполнение всех полей поверочной схемы измерительным оборудованием. Именно он положил начало информационному отбору по отношению к мерам и средствам измерений. Созданный фундамент позволил группе сотрудников ВНИИМ под руководством Александра Владимировича Плошинского успешно завершить работы по созданию нового первичного эталона на основе квантового эффекта Холла. Требования со стороны промышленности привели к необходимости параллельно

с развитием «квантовой» метрологии провести работы по направлению, которое получило название «проектирование метрологических лабораторий». Совместно с В. П. Шигориным с 1978 г. эти исследования проводил аспирант следующего поколения Б. Я. Литвинов. Были успешно завершены более двадцати НИР и НИОКР в этом направлении. Таким образом сохранялась связь с научной школой Д. И. Менделеева.

Необходимость развития системных подходов в развитии вторичных эталонов и рабочих эталонов различной разрядности потребовала интеграции академической и вузовской науки. Это привело к совместным исследованиям ученого — хранителя государственного первичного эталона ома Б. Я. Литвинова и представителей научной школы профессора Игоря Федоровича Шишкина, заведующего кафедрой метрологии в Северо-Западном государственном заочном техническом университете. Здесь необходимо отметить, что И. Ф. Шишкин и его ученик Иван Елисеевич Ушаков до создания кафедры работали во ВНИИМ.

До 1 сентября 2013 г. аспирантура являлась одной из основных форм подготовки научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования. С 1 сентября 2013 г. (со дня вступления в силу Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации») аспирантура отнесена к третьему уровню высшего образования — подготовке кадров высшей квалификации.

Поэтому после перехода на трехуровневую систему высшего образования в России логичным продолжением деятельности по подготовке кадров в области метрологии стало создание во ВНИИМ отдела подготовки кадров высшей квалификации и образовательных технологий, дальнейшее развитие научно-образовательного центра. В настоящее время ВНИИМ им. Д. И. Менделеева ведет подготовку по основным профессиональным образовательным программам высшего образования — программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научным специальностям:

2.2.4. приборы и методы измерения (по видам измерений);

2.2.8. методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды;

2.2.10. метрология и метрологическое обеспечение.

На базе ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» организована кафедра «Теоретическая и прикладная метрология». Миссия кафедры — подготовка высококвалифицированных кадров на основе современных исследований мирового уровня в области обеспечения единства измерений с целью обеспечения конкурентных преимуществ ВНИИМ по приоритетным направлениям развития науки и технологий Российской Федерации.

После Великой Отечественной войны ВНИИМ принял активное участие в восстановлении деятельности метрологических учреждений, создании метрологических институтов и поверочных лабораторий, подготовке кадров для метрологических служб организаций в различных сферах экономической деятельности. Постоянное повышение роли стандартизации и метрологии в народном хозяйстве страны требовало фундаментального, систематического обучения слушателей, более высокого качества образования. В связи с этим приказом председателя Госстандарта СССР В. В. Бойцова № 134 от 5 июня 1968 г. на основании постановления Совета Министров СССР № 515 от 6 июня 1967 г. был создан Всесоюзный институт повышения квалификации руководящих и инженерно-технических работников в области стандартизации, качества продукции и метрологии (ВИСМ) и его Ленинградский филиал.

Ленинградский филиал ВИСМ создавался на базе ВНИИМ с подчинением его головной организации — ВИСМ. Первоначально были организованы две кафедры: кафедру электрических измерений возглавил директор ВНИИМ д. т. н. профессор Валентин Осипович

Арутюнов, а кафедру метрологии — начальник лаборатории фундаментальных физических констант ВНИИМ д. т. н. профессор С. В. Горбацевич. Опытные метрологи, лучшие специалисты ВНИИМ им. Д. И. Менделеева составили основу профессорско-преподавательского коллектива на этапе его становления [2].



*Профессор В. О. Арутюнов*



*Профессор С. В. Горбацевич*

В дальнейшем ВИСМ преобразовали в Федеральное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)» (ФГАОУ ДПО АСМС). Сотрудники ВНИИМ остались участниками подготовки кадров в области технического регулирования, метрологии и систем менеджмента на Северо-Западе России, осуществляя преподавательскую деятельность на кафедрах Санкт-Петербургского филиала — СПбФ АСМС.

Долгое время подготовка метрологов осуществлялась только путем профессиональной переподготовки инженеров различных специальностей в формате последиplomного образования. Несмотря на потребность в новой специальности для подготовки инженеров-метрологов в вузах, попытки создать инженерную специальность для профессиональной подготовки метрологов с высшим образованием не имели успеха [6]. В этой ситуации НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» в конце 1970-х гг. время выступило с инициативой разработки документов, необходимых для открытия новой специальности и создания для целевой подготовки инженеров нужного профиля в составе какого-либо из ленинградских вузов кафедру метрологии на базе ВНИИМ. Принимая во внимание количество людей, уже работающих в отрасли без соответствующего профессионального образования, в качестве вуза был выбран Северо-Западный заочный политехнический институт (СЗПИ).

Инициатива ВНИИМ и СЗПИ встретила понимание в Госстандарте СССР и Минвузе РСФСР. 25 января 1980 г. председатель Госстандарта СССР В. В. Бойцов и министр высшего и среднего специального образования РСФСР И. Ф. Образцов подписали совместный приказ № 23/49 об организации базовой кафедры метрологии СЗПИ при ВНИИМ имени Д. И. Менделеева [6]. Преподавательский состав кафедры был сформирован на условиях штатного совместительства из сотрудников ВНИИМ. Возглавил кафедру начальник лаборатории ВНИИМ д. т. н. Игорь Федорович Шишкин.

Кафедра была создана, но потребовалось еще семь лет усилий для того, чтобы в номенклатуру специальностей высших учебных заведений была включена специальность метрологической направленности. Специальность «Метрология, стандартизация и сертификация» была включена в номенклатуру приказом Минвуза СССР от 17 ноября 1987 г. В дальнейшем в рамках этой специальности выделились специализации «Метрология и метрологическое обеспечение» и «Управление качеством и стандартизация». Первый выпуск инженеров-метрологов в СЗПИ был осуществлен в 1994 г.

Появление метрологической специальности дало толчок к дальнейшему развитию взаимодействия ВНИИМ и ведущих вузов. Долгие годы продолжается плодотворное сотрудничество ВНИИМ с Санкт-Петербургским государственным политехническим университетом, ныне Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого. Как упоминалось выше, еще в 1930 г. Е. Г. Шрамков организовал и возглавил кафедру электроизмерительной техники, на базе которой была создана кафедра «Измерительные информационные технологии» (ИИТ). На кафедре работали многие сотрудники ВНИИМ, одно время кафедрой заведовал заместитель генерального директора ВНИИМ д. т. н. Михаил Владимирович Окрепилов.

В разное время в Политехническом институте и во ВНИИМ работали известные ученые: профессор Л. В. Залуцкий, крупнейший теоретик метрологии профессор М. Ф. Маликов, академик А. А. Байков, профессор В. О. Арутюнов (в последующем директор ВНИИМ) [2].

ВНИИМ осуществляет тесное сотрудничество в образовательной сфере с Санкт-Петербургским национальным исследовательским университетом информационных технологий, механики и оптики, где проводится подготовка магистров по направлению 27.04.01 «Стандартизация и метрология». Руководит процессом заслуженный метролог Российской Федерации д. т. н., профессор Леонид Алексеевич Конопелько, также сотрудник ВНИИМ. Действующие ученые-метрологи, члены Метрологической академии, среди которых есть представители ВНИИМ, вовлечены в учебный процесс на кафедре метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения. Кафедра ведет обучение по направлениям 27.03.01 «Стандартизация и метрология» (бакалавры) и 27.04.01 «Стандартизация и метрология» (магистры). Руководит кафедрой академик РАН, Президент Метрологической академии Владимир Валентинович Окрепилов.

Метрология в целом включает как научную, так и практическую деятельность. При этом сегодня в нашей стране нет вузов или факультетов метрологического профиля. В отдельных университетах существуют кафедры, выпускающие бакалавров и магистров по направлению «Стандартизация и метрология». С 2024 г. произойдет дальнейшее укрупнение учебных структур и начнется выпуск бакалавров и магистров по направлению «Управление качеством, стандартизация и метрология», что явно не будет способствовать повышению качества подготовки будущих метрологов. В этих условиях повышается роль Национальных метрологических институтов в подготовке кадров.

Реальной интеграции академической и вузовской науки с реальными секторами экономики должны способствовать создаваемые в настоящее время научно-образовательные центры (НОЦ). В этом отношении отражением специфики метрологической деятельности является тот факт, что прообраз НОЦ был создан Д. И. Менделеевым в Главной палате мер и весов еще в 1899 г. Из сотрудников Главной палаты сформировалось первое поколение Менделеевской научной школы, представители которой приступили к осуществлению подготовки кадров. Было положено начало подготовке ученых-метрологов, специалистов для метрологических и поверочных учреждений. Состоялась интеграция науки, образова-



ния и практической деятельности. Таким образом, уже в то время было обеспечено решение прорывных прикладных задач в сфере метрологии и метрологического обеспечения, для чего создают в настоящее время НОЦ. Реально эта интеграция была характерна для деятельности ВНИИМ все последующие годы. В настоящее время обновленный в соответствии с требованиями современной экономической деятельности НОЦ позволяет решать все задачи, связанные с прорывными и инновационными процессами современности.

### **Литература**

1. *Гинак Е. Б.* Метрологическая реформа Д. И. Менделеева (конец XIX — начало XX). М.: Знание, Инициале, 2013.
2. *Окрепилов М. В., Литвинов Б. Я., Гинак Е. Б., Минина Н. В.* ВНИИМ и образовательная деятельность (к 175-летию ВНИИМ им. Д. И. Менделеева) // Законодательная и прикладная метрология. 2017. № 5 (150). С. 48–52.
3. *Залуцкий Л. В.* Введение в теорию ампер-весов. Л.: Ленинградское газетно-журнальное и книжное издательство, 1945.
4. *Окрепилов М. В., Литвинов Б. Я.* Образование в сфере метрологии // Российская Метрологическая энциклопедия. СПб.: Лики России, 2015. С. 823–829.
5. *Гинак Е. Б.* Ученый совет ВНИИМ в годы Великой Отечественной войны // Измерительная техника. 2011. № 5. С. 70–72.
6. *Шишкин И. Ф.* Нам 30 лет // Приложение к ежемесячному метрологическому научно-техническому журналу «Мир измерений». 2010. № 1. С. 12–42.

*Борис Яковлевич Литвинов — главный научный сотрудник, заместитель заведующего кафедрой «Теоретическая и прикладная метрология» ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, академик Метрологической академии.*

*Михаил Владимирович Окрепилов — заместитель генерального директора по качеству и образовательной деятельности, заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная метрология» ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, академик Метрологической академии.*

---

---

Екатерина Милованова, Валерий Лысенко, Владимир Костеев, Наталья Табачникова

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ КОНТАКТНЫМ, ПОЛУКОНТАКТНЫМ И БЕСКОНТАКТНЫМ МЕТОДАМИ

На сегодня существует широкая номенклатура методов и средств измерения (СИ) шероховатости, основанных на разных физических принципах. Каждый метод измерений имеет свои достоинства и недостатки, связанные с физическими принципами, на которых они основаны. Поэтому исходный по точности эталонный комплекс для воспроизведения и передачи единицы длины в области измерений шероховатости должен включать в себя разные, основанные на различных физических принципах СИ — как контактные и полуконтактные, так и оптические бесконтактные. В качестве исходного по точности контактного СИ модернизирован путем замены индуктивного на лазерный интерференционный датчик — контактный профилометр Talystep фирмы Taylor Hobson (рис. 1).



*Рис. 1. Модернизированный прибор Talystep с лазерным интерферометром Майкельсона и контактным зондом профилометра*

Модернизация серийного контактного профилометра Talystep заключается в устранении нелинейности индуктивного датчика путем его замены на интерференционный и привязки СИ напрямую к единице длины волны He-Ne лазера интерферометра Майкельсона. Экспериментальные исследования показали, что замена индуктивного датчика на лазерный интерференционный в два-три раза повысила точность измерения шероховатости поверхности контактным методом (рис. 2).

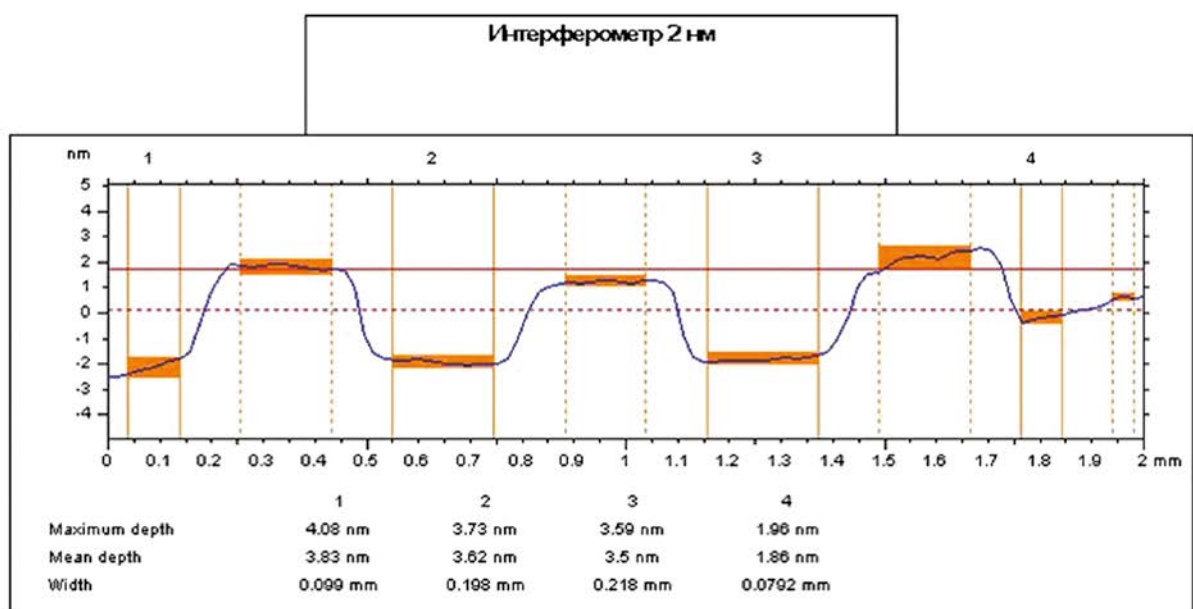
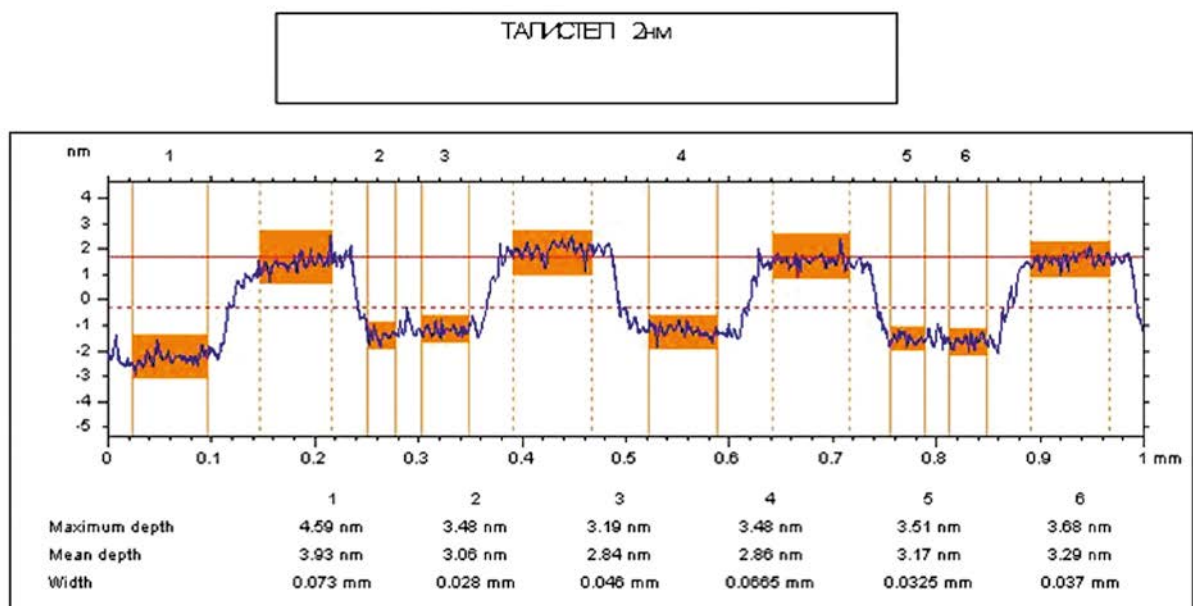


Рис. 2. Результаты сравнительных экспериментальных исследований профилометра с индуктивным и лазерным интерференционным датчиком

В качестве исходного по точности полуконтактного СИ модернизирован (за счет применения лазерных интерференционных датчиков) сканирующий зондовый микроскоп «НаноСкан-3Di» с емкостным датчиком (рис. 3).

Исследования на эталонной дифракционной решетке показали, что замена емкостных датчиков на интерференционные позволила компенсировать систематическую погрешность СЗМ более чем в десять раз (рис. 4).

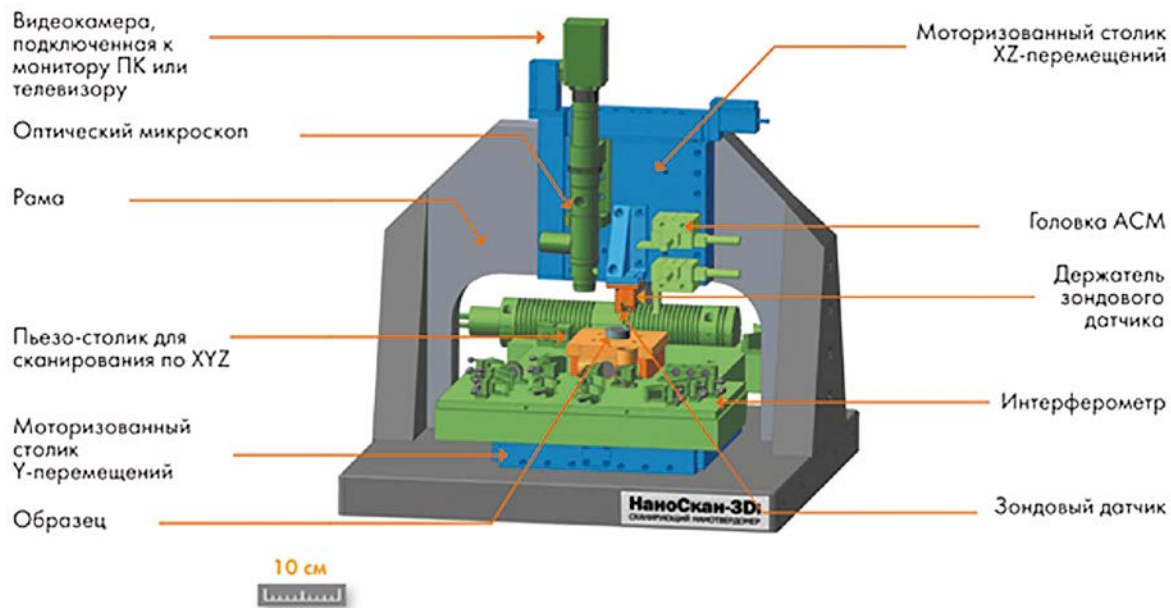
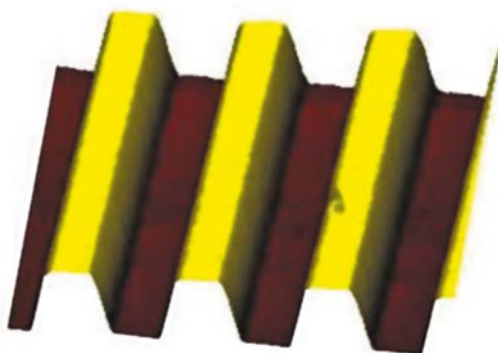


Рис. 3. Схема модернизированного СЗМ «НаноСкан-3Di» с лазерными интерференционными датчиками вместо емкостных



№ меры	Периоды, мкм	Неисключенная систематическая погрешность, нм	Высота рельефа, нм	Неисключенная систематическая погрешность, нм
TGZ 1	3,005	7	21,8	0,6

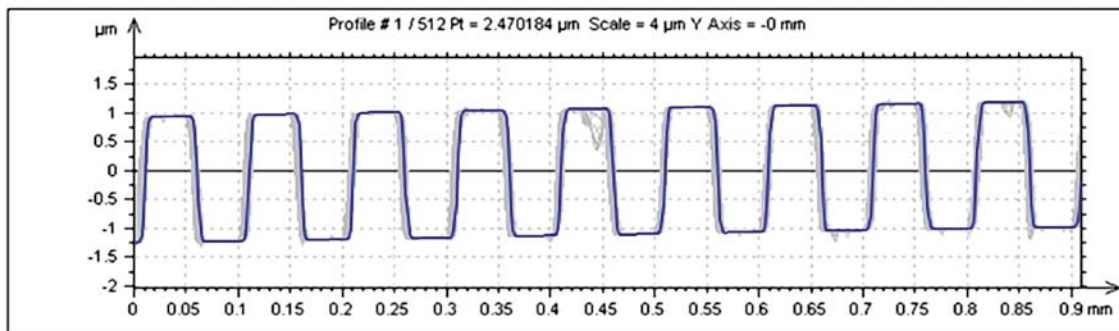
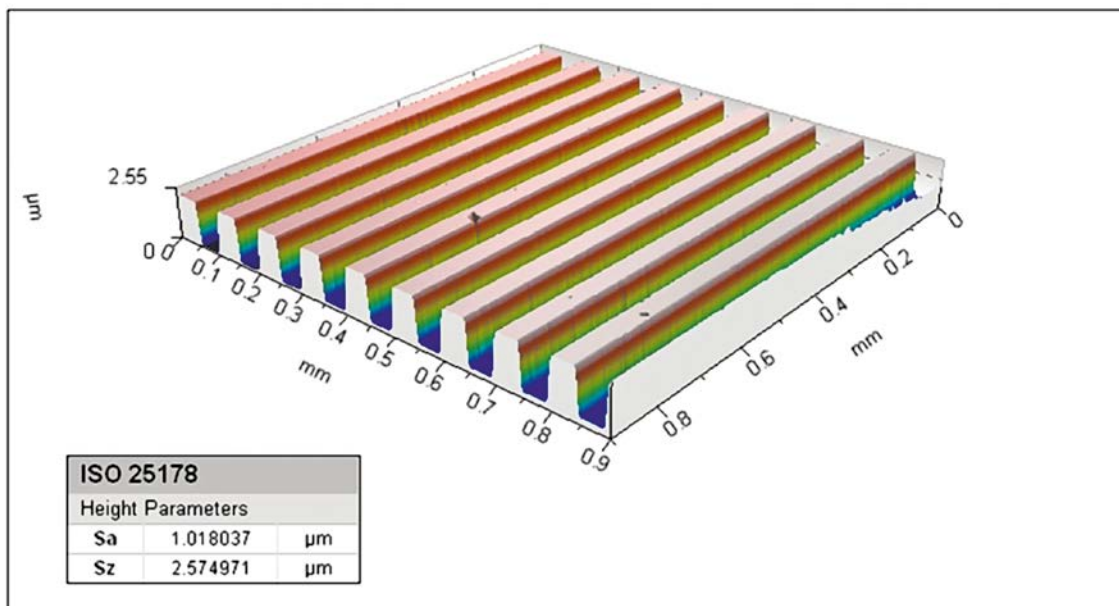
Рис. 4. Сравнительные экспериментальные исследования СЗМ с емкостным и лазерным интерференционным датчиком

В качестве исходного по точности бесконтактного СИ шероховатости выбран оптический профилометр Talysurf CCI 6000 (рис. 5). Разработаны способы компенсации систематических погрешностей оптического профилометра Talysurf CCI 6000, повышающие его точность до исходной.



*Рис. 5. Профилометр Talysurf CCI 6000  
со скомпенсированными систематическими погрешностями нелинейности пьезопозиционера  
погрешностями неравномерности ПЗС матрицы*

Проведенные экспериментальные исследования (рис. 6) подтвердили адекватность разработанных математических моделей. Теоретический анализ погрешностей показал возможность измерения параметров шероховатости поверхности с нанометровой точностью и привязки полученных данных к первичному эталону метра через длину волны He-Ne лазера в соответствии с определением метра. Ниже на рис. 6 приведены результаты экспериментальных исследований эталонной меры — 1D дифракционной решетки, показывающие возможность повышения точности оптических методов до уровня исходной. Приведенные в статье разработки могут быть внедрены при совершенствовании действующего ГЭТ 113 в области измерения параметров шероховатости.



ISO 4287						
		Context	Mean	Std dev	Min	Max
Amplitude parameters - Roughness profile						
Rz	μm	Gaussian filter, 0.25 mm	2.196112	0.005803	2.189606	2.240492
Ra	μm	Gaussian filter, 0.25 mm	1.013937	0.001761	0.998144	1.017304

Рис. 6. Результаты экспериментальных исследований эталонной 1D меры

Екатерина Александровна Милованова — заместитель начальника отдела метрологического обеспечения измерений геометрических параметров ВНИИМС.

Валерий Григорьевич Лысенко — главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИМС, академик Метрологической академии.

Владимир Александрович Костеев — начальник лаборатории ФГБУ ВНИИМС.

Наталья Арменаковна Табачникова — заместитель начальника отдела метрологического обеспечения измерений геометрических параметров ФГБУ ВНИИМС.

---

---

Елена Гинак

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ: 30 ЛЕТ ПЛОДОТВОРНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА С МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АКАДЕМИЕЙ

В старейшем государственном метрологическом учреждении России, основанном в Санкт-Петербурге в 1842 г. и успешно продолжающим свою деятельность сегодня — ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», находится первый в стране Метрологический музей. В его экспозиции отражена история становления и развития отечественной метрологии XVIII–XXI вв., включая создание и совершенствование государственных эталонов.

Формирование и пополнение коллекций музея происходит по принципу: «Сегодня эталон, завтра экспонат музея», что позволяет сохранить для потомков лучшие образцы мер и измерительных приборов. Значительная часть экспозиции посвящена деятельности великого русского ученого Д. И. Менделеева, первого управляющего Главной палатой мер и весов (1892–1907 гг.), который не только работал, но и жил на территории учреждения с 1897 по 1907 г. Большинство предметов фонда уникальны и представлены в единичном экземпляре.

В состав музея входят:

- Мемориальный служебный кабинет Д. И. Менделеева.
- Экспозиция в последней квартире ученого с разделами: «Д. И. Менделеев — основоположник научной метрологии» и «Российская система мер».
- Экспозиция «ВНИИМ в годы Великой Отечественной войны».
- Экспозиция «Введение метрической системы в России».
- Постоянно действующая выставка (открытое хранение фондов): «Весы и часы».
- Постоянно действующая выставка, посвященная изобретению Н. Д. Зелинским угольного противогАЗа.

Музей является учебной базой для учащихся высших и средних учебных заведений (в рамках Метрологического образовательного кластера), факультетов повышения квалификации специалистов различного профиля, в программу обучения которых включен курс по основам метрологии, стандартизации и сертификации. Занятия на базе музея проводятся также для аспирантов ВНИИМ и студентов кафедры «Теоретическая и прикладная метрология».

В фонде музея хранятся редкие фотографии и документы по истории метрологии, предметы декоративно-прикладного искусства и литературные источники XVIII–XXI вв. Среди них первый выпуск «Известий Метрологической академии», копии дипломов, подписанных президентом Академии Ю. В. Тарбеевым и главным ученым секретарем В. И. Суворовым, пригласительные билеты, а также материалы личных архивов выдающихся ученых, работавших в Главной палате мер и весов — ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (Ф. И. Блумбаха, М. Ф. Маликова, Л. Н. Богоявленского и др.), в том числе членов Метрологической академии: Ю. В. Тарбеева, В. С. Александрова, Е. Д. Колтика, И. И. Исаева.

1992 г. был знаменателен двумя историческими событиями — празднованием 150-летия со дня основания ВНИИМ и учреждением Метрологической академии. На выставке «150 лет Российской государственной системе обеспечения единства измерений и Институту метрологии им. Д. И. Менделеева», которая демонстрировалась во ВНИИМ в 1992 г., специальный раздел был посвящен учреждению Метрологической академии.

20 мая 2022 г. в Мемориальном служебном кабинете Д. И. Менделеева была открыта выставка к юбилею ВНИИМ, где среди экспонатов представлены материалы 1992 г. В ближайшее время выставку планируется дополнить юбилейными и памятными медалями Метрологической академии.

С момента основания Метрологической академии установилась традиция проведения совместных юбилейных и памятных мероприятий, подготовки изданий и выставок.

Одним из значимых направлений деятельности музея и Академии является сохранение памяти о Д. И. Менделееве и популяризация его научного наследия. Так в 2009 г. ВНИИМ и Метрологическая академия принимали активное участие в праздновании 175-летия со дня рождения Д. И. Менделеева (1, 2), а в 2019 г. — 185-летия ученого и 150-летия открытого им Периодического закона химических элементов (3). На научной конференции «Дмитрий Иванович Менделеев: Ученый. Метролог. Педагог», организованной ВНИИМ и Метрологической академии в Президентской библиотеке, с докладами выступили президент Метрологической академии: В. В. Окрепилов и ее члены В. Н. Крутиков, А. Н. Пронин, Е. Б. Гинак (4).

Давней традицией ВНИИМ и Метрологической академии является проведение церемонии возложения цветов на могилу Д. И. Менделеева на Волковском кладбище (под эгидой Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга). В 2022 г. церемония прошла 2 февраля в день 115-годовщины со дня смерти ученого.

Материалы из фондов Метрологического музея часто используются при подготовке изданий Метрологической академии по истории метрологии. Например, для замечательной книги «Выдающиеся метрологи России» были предоставлены документы и фотографии, связанные с деятельностью руководителей первого государственного метрологического учреждения в разные годы — А. Я. Купфера, В. С. Глухова, Д. И. Менделеева, Д. П. Коновалова, М. А. Шателена, В. О. Арутюнова.

С 2018 г. ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» совместно с Метрологической академией принимает участие в Московской международной книжной выставке-ярмарке. На объединенном стенде Ассоциации ГНЦ «НАУКА» демонстрируются учебная и образовательная литература, издания по истории метрологии и книги о современных научных достижениях. Среди публикаций прошлых лет, привлечших внимание посетителей, книги «Основы метрологии. Современный курс» (автор А. Э. Фридман, 2008 г.), «Метрологическая реформа Д. И. Менделеева» (автор Е. Б. Гинак, 2013 г.), «Российская Метрологическая Энциклопедия» (Второе издание. Под редакцией академика РАН В. В. Окрепилова, 2015 г.), «Выдающиеся метрологи России» (авторы В. В. Окрепилов, В. Д. Доценко, 2015 г.) и др.

Генеральный директор Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» и президент АГНЦ «НАУКА» Е. Н. Каблов выразил благодарность всем участникам выставки за большой вклад в популяризацию научных знаний и предложил продолжить совместную работу в этой области.

Метрологический музей проводит торжественные и памятные мероприятия для сотрудников и гостей ВНИИМ, посвященные: Дню полного освобождения Ленинграда от фашистской блокады, Дню рождения Д. И. Менделеева и Дню российской науки, Дню Победы, Всемирному дню метрологии, в которых принимают участие члены Метрологической академии.

20 мая 2021 г. на открытии выставки, приуроченной к Всемирному дню метрологии, почетными гостями мероприятия были президент Метрологической академии РФ академик РАН В. В. Окрепилов и заместитель президента РАН В. В. Иванов. Информация об этом размещена в соцсетях ВНИИМ.



Ежегодно музей посещает более 1500 человек. Это почетные российские и зарубежные гости ВНИИМ: руководители Росстандарта, делегации международных метрологических организаций, члены общественных организаций, в том числе члены Президиума Метрологической академии из разных городов и стран мира.

### **Литература**

1. Александров В. С., Гинак Е. Б. Участие ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» в праздничных мероприятиях, посвященных 175-летию со дня рождения Д. И. Менделеева // Измерительная техника. 2009. № 6. С.70–72.

2. Окрепилов В. В., Гинак Е. Б., Минина Е. В. Празднование 175-летия со дня рождения Д. И. Менделеева // Мир измерений. 2009. № 5. С. 53–57.

3. Дмитрий Иванович Менделеев: Ученый. Метролог. Педагог. Сборник материалов, посвященный 185-летию со дня рождения Д. И. Менделеева и 150-летию открытого им Периодического закона химических элементов. СПб.: Фонд «Морская слава Отечества», 2019.

4. Гинак Е. Б. Уникальный памятник — мозаичное панно «Периодическая таблица элементов Д. И. Менделеева» // Стандартные образцы. 2019. Т. 15. № 4. С. 5–12.

*Елена Борисовна Гинак — заведующая Метрологическим музеем Росстандарта при ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», член-корреспондент Метрологической академии.*

---

---

**Константин Чекирда**

## **ЭТАЛОНЫ ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН КАК ДРАЙВЕР РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО НАУЧНОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Международная система единиц, SI, которая основана на секунде, метре, килограмме, ампере, кельвине, моле и канделе (базовых единицах), пересмотрена с целью обновления определений четырех из этих единиц. В ноябре 2018 г. пересмотренные определения килограмма, ампера, кельвина и моля утверждены 26-й Генеральной конференцией по мерам и весам (КГМВ) и международным органом, ответственным за глобальную сопоставимость измерений. Российская Федерация в лице своих делегатов проголосовала за принятие новых определений и поддержала необходимость совершенствования Международной системы единиц на основе фундаментальных физических констант. Пересмотренные определения вступили в силу 20 мая 2019 г.. Ведущие промышленно развитые страны, такие как США, Канада, Германия, Швейцария, Франция, Корея, Япония, проводят многочисленные работы по созданию национальных эталонов, принципы действия которых опираются на основополагающие фундаментальные законы мироздания. В будущем технологии, полученные при создании новых квантовых эталонов, создадут основу развития новых инновационных технологий, которые обеспечат конкурентное развитие промышленности этих стран.

В России научные метрологические институты Росстандарта уже провели ряд научно-исследовательских работ по подготовке к переходу на новые определения и в настоящее время готовы для создания и исследования комплекса государственных первичных эталонов основных единиц реализующих принципы воспроизведения единиц на основе фундаментальных физических констант, устанавливающих международную эквивалентность результатов измерений и реализующих прослеживаемость производных эталонов единиц величин к фундаментальным физическим константам с целью обеспечения передового развития научно-технического потенциала России.

При создании комплекса государственных первичных эталонов основных единиц килограмма, кельвина и ампера потребуется разработать новые технологии вакуумного взвешивания, технологии прецизионных электромагнитных измерений на основе квантовых эффектов, лазерные измерительные технологии, криотехнологии, технологии применения новых материалов.

В результате пересмотра Международной системы единиц, SI определения килограмма, кельвина и ампера претерпели наибольшие изменения, что, соответственно, потребует больших усилий для практической реализации этих единиц. Новые определения требуют принципиально новых методов и эталонных систем для реализации.

Наиболее критичной единицей является килограмм. Его новое определение связывает единицу массы с фундаментальной физической константой постоянной Планка. Методом реализации этого определения стало сравнение электрической и механической мощности. Данный метод может быть реализован в условиях вакуума посредством ватт-весов. Разработки ватт-весов реализации килограмма на основе постоянной Планка ведутся в течении последних 10–15 лет в Национальных метрологических институтах (НМИ) Англии, Канады, Китая, Новой Зеландии, США, Франции и в Международном бюро мер и весов (МБМВ), а также создаются эталонные установки НМИ Германии и Италии для реализации нового определения килограмма на основе постоянной Авогадро.

Технологии, разработанные в ходе разработки отечественных ватт-весов, могут быть использованы отечественными производителями измерительной техники. Для реализации ватт-весов необходимо обеспечивать:

- неопределенность результатов измерения электрического напряжения менее 4 нВ в диапазоне  $\pm 10$  В;
- относительную неопределенность результатов измерений электрического сопротивления менее 5.10–9;
- относительную неопределенность результатов измерений линейных перемещений менее 3.10–9;
- относительную неопределенность результатов измерений ускорения свободного падения менее 4.10–9.

Кроме того, необходимо создать специальную инженерную инфраструктуру, в частности фундаменты для размещения оборудования научно-технического комплекса ватт-весов, обеспечивающие уровень вибрации в зоне расположения ватт-весов и гравиметров с горизонтальной и вертикальной скоростями колебаний соответственно не более 1 мкм/с и не более 0,76 мкм/с (для частот от 0.003 Гц до 100 Гц).

При достижении требуемых характеристик составных частей научно-технического комплекса ватт-весов будет обеспечено независимое воспроизведение единицы массы с номинальным значением 1 кг и относительной неопределенностью измерений 5.10–8.

Особо следует отметить, что в современных реалиях, когда национальный эталон килограмма доставить в Международное бюро мер и весов становится проблематично, а то и совсем невозможно, независимое воспроизведение килограмма обеспечит достоверность измерений массы и связанных величин на территории России вне зависимости от политической обстановки.

Создание нового комплекса аппаратуры, реализующего новое определение килограмма через постоянную Планка, должно стать приоритетной тематикой Росстандарта на ближайшие годы, которая будет способствовать развитию новых измерительных технологий в России.

В части создания комплекса оборудования для реализации нового определения кельвина через фундаментальную физическую константу постоянную Больцмана в проводимых работах реализуются методы первичной газовой термометрии и высокотемпературной термометрии. Разработка аналогов ведется в РТВ (Германия), LNE-CNAM (Франция), INRIM (Италия), NIM (КНР), NIST (США), NPL (Великобритания).

В результате работ по созданию аппаратуры для первичного эталона разрабатываются методы и средства воспроизведения и передачи единицы температуры кельвина вторичным средствам измерений в соответствии с ее новым определением в диапазоне температур от 2,5 К до 3200 К. В частности: создана уникальная аппаратура газовой термометрии, основанной на измерении показателя преломления в диапазоне от 2,5 до 80 К; расширен диапазон Государственного первичного эталона до 3200 К и обеспечено воспроизведение кельвина в соответствии с его новым определением; обеспечена возможность участия РФ в международных ключевых сличениях эталонных систем для реализации нового определения кельвина.

В части создания комплекса оборудования для реализации нового определения ампера через фундаментальную физическую константу заряд электрона в рамках проводимых работ используется Практическая реализация ампера в новой SI, рекомендованная Консультативным комитетом по электричеству и магнетизму (ККЕМ) с применением квантовых эффектов Холла и Джозефсона. Обеспечивается возможность участия РФ в международных ключевых сличениях эталонов, реализующих новое определение ампера.

Одним из важных направлений в развитии метрологического обеспечения физико-химических измерений является проведение фундаментальных научных исследований по переопределению единиц величин SI, в том числе моля. Так, уже в 2017 г. восемь ведущих национальных метрологических институтов приняли участие в международных сличениях по определению изотопной чистоты кремния (CCQM-P160), организованных в рамках работ по переопределению моля.

Организация сличений в данной области находится в начальной стадии. В текущем периоде запланировано проведение ключевых сличений по определению чистоты высокообогащенного кремния (Key comparison «Molar mass of highly enriched silicon»), в которых Россия также не сможет принять участие в связи с отсутствием необходимого аналитического оборудования и опыта.

Складывающаяся ситуация снижает авторитет России в Консультативном Комитете по количеству вещества, в частности, и авторитет России в международном метрологическом сообществе в целом.

В настоящее время изотопно меченые стандарты выпускаются такими метрологическими институтами как LGC (Англия) и IRMM (Бельгия). Наибольшее количество изотопных стандартов разработано в NIST (США), например:

- SRM 8542 сахараза (IAEA-CH-6, изотопы углерода в сахаразе);
- SRM 8573 L-глутаминовая кислота (USGS40, изотопы легких углеродов и азота в L-глутаминовой кислоте);
- SRM 8574 L-глутаминовая кислота (USGS41, изотопы тяжелых углеродов и азота в L-глутаминовой кислоте);
- SRM 8539NBS22 Масло (изотопы углерода и водорода);
- SRM8563 CO<sub>2</sub>-Light, набор для определения нефтехимического происхождения (диоксид углерода);
- SRM 8540 IAEA-CH-7 (изотопы углерода и водорода в полиэтиленовой фольге);
- SRM 951a изотопный стандарт борной кислоты;
- SRM 978a изотопный стандарт серебра;
- SRM 986 изотопный стандарт никеля;
- SRM8535a (VSMOW2) венская стандартная средняя вода океана (изотопы водорода и кислорода в воде);
- SRM 8553 IAEA-S-4 (изотопы серы в элементарной сере) и др.

Создание соответствующего государственного первичного эталона и комплекса референтных методик обеспечит возможность:

- создания метрологического обеспечения для измерений изотопных отношений элементов, имеющего несомненную практическую значимость для различных сфер экономики России (пищевая промышленность — выявление фальсификаций, контроль качества и идентификация географического происхождения; геология и геохимия — установление возраста пород и минералов, разведка полезных ископаемых; криминалистика — определение географического происхождения образцов; клиническая диагностика и допинговый контроль — установление аутентичности образцов; экология — установление статусов живых организмов и окружающей среды);

- участия РФ в фундаментальных научных исследованиях по переопределению единиц величин, проводимых международным метрологическим сообществом под эгидой Международного бюро мерам и весов;

- участия РФ в международных ключевых сличениях эталонных систем в области измерений изотопного состава и изотопных соотношений.

Согласно базе данных Федерального информационного фонда Росстандарта к государственным первичным эталонам килограмма, кельвина и ампера прослеживается более 50000 рабочих эталонов соответствующих единиц. Данные эталоны обеспечивают огромное количество рабочих средств измерений, применяемых в различных отраслях народного хозяйства, включая отрасли, имеющие ключевые значения для реализации Национальных проектов по двенадцати направлениям стратегического развития, установленным Указом Президента России от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Неподтверждение наивысших измерительных возможностей РФ в будущем может привести к проблемам в доступе продукции российского производства на мировые рынки. Российские производители будут вынуждены обращаться к иностранным метрологическим организациям за обеспечением достоверной измерительной информацией и подтверждением эквивалентности измерений.

*Константин Владимирович Чекирда — заместитель директора по науке ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», член-корреспондент Метрологической академии.*

---

---

**Антон Пронин**

## **О ПРОБЛЕМАХ ПЕРЕХОДА НА НОВЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЕДИНИЦ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ**

Слово «глобализация» стало известно большинству населения Земли только на рубеже XX–XXI в. Однако в области науки процессы глобализации начались намного раньше, а первыми реальными «глобализаторами» можно назвать именно метрологов.

Ещё в XVIII в. начала создаваться «метрическая система» под лозунгом «на все времена, для всех народов». Она должна была привести ко всеобщей стандартизации и всеобщей доступности в области измерений.

Всеобщая стандартизация предполагала создание единой системы единиц для всех стран, а всеобщая доступность предполагала, что любая технически развитая страна или отдельная лаборатория будут иметь возможность независимо воспроизвести единицу какой-либо величины на основе её определения, поскольку сами единицы должны быть «взяты из природы».

Первая цель, пусть и не сразу, была достигнута. На своей родине, во Франции, метрическая система была внедрена только в 1840 г. А первое международное, межгосударственное соглашение по принятию метрической системы — «Метрическая конвенция» — была подписана дипломатическими представителями 17 государств в 1875 г. и тогда же было создано Международное бюро мер и весов (МБМВ).

Цель номер два была не достигнута и в начале XXI века, поскольку предложенные «природные эталоны» оказались недостаточно хороши. Метр, как часть окружности Земли, постоянно уточнялся. К тому же выяснилось, что гарантировать стабильность этого параметра с учетом геофизических процессов не представляется возможным. Килограмм, определяемый как масса литра воды, зависел от состава и свойств воды в различных лабораториях. Пришлось перейти к уникальным артефактам (специальной линейке, гире и т. д.), которые хранились в МБМВ.

Таким образом, «природная сущность» определений единиц была утрачена и независимость воспроизведения не достигнута.

В 1960 г. метрологами был сделан следующий шаг в области стандартизации — утверждена Международная система единиц (СИ), распространившаяся уже на большее количество единиц величин, чем было изначально установлено в Метрической конвенции. Но задача независимого воспроизведения оставалась нерешенной. Над этой задачей международное метрологическое сообщество билось всю вторую половину XX века.

Фундаментальная наука, как известно, обозревает самый широкий спектр явлений, а каждая из отдельных теории «закрывает» целую группу явлений: скажем, кинетическая теория обосновывает термодинамику, квантовая теория объясняет все электромагнитные явления, и т. д. Решение назревало именно в этой области, поскольку в любой фундаментальной теории есть небольшой набор параметров, которые могут быть определены только из эксперимента: скорость света в вакууме, постоянная Планка, элементарный заряд, постоянная Больцмана.

Это и есть фундаментальные физические константы (ФФК).

В результате долгой и кропотливой экспериментальной работы удалось накопить колоссальные массивы данных. Появилась возможность оценить сопоставимость, согласо-

ванность этих констант. Это, в свою очередь, позволило приписать определенному набору ФФК точное значение с нулевой неопределенностью и создать непротиворечивые, основанные на приписанных значениях ФФК определения единиц.

В итоге 26-я Генеральная конференция по мерам и весам постановила, что с 29 мая 2019 г. Международная система единиц должна рассматриваться как система единиц, в которой определены значения семи ФФК:

— Значение частоты незащищенного сверхтонкого перехода основного состояния атома цезия 123.

— Значение скорости света в вакууме.

— Значение постоянной Планка.

— Значение элементарного заряда.

— Значение постоянной Больцмана.

— Значение постоянной Авогадро.

Световая эффективность монохроматического излучения для частоты  $540 \cdot 10^{12}$  Гц.

Численные значения ФФК, принятые Генеральной конференцией по мерам и весам, идентичны опубликованным значениям CODATA 2017.

Описание новых определений опубликованы в «Брошюре СИ».

В настоящее время принято и Постановление Правительства Российской Федерации (№ 323 от 9 марта 2022 г.), в соответствии с которым в России также законодательно закреплены новые определения единиц.

Самая большая проблема в процессе переопределения единиц возникла с единицей массы — килограммом, который, собственно, и был драйвером всего этого процесса.

В соответствии с опубликованным документом *Mise en pratique of the definition of the kilogram in the SI* первичная реализация единицы масса может быть осуществлена двумя методами.

1. Метод сравнения электрической и механической мощности (watt balances, and more recently, as Kibble balances)

2. Рентгенокристаллический метод определения плотности (XRCO), он исходит из классической идеи, что масса чистого вещества может быть выведена через число элементарных объектов в веществе.

Для достижения наивысшей точности любым из способов реализации килограмма, ее осуществление, а также дальнейшее распространение должны проводиться в условиях вакуума.

Для предстоящих ключевых сличений и дальнейших работ по передаче единицы ВНИИМ им. Д. И. Менделеева располагает вакуумным компаратором массы CCL 1007 с вакуумной транспортной системой.

Но теперь должен быть решен главный вопрос — какую реализацию нового определения единицы массы выберет для себя Россия? Практика показала, что реализуемость проекта Ватт-весов выше, распространенность — шире, чем реализация через кремниевые сферы, поэтому было принято решение идти именно по этому пути. Комитет по массе опубликовал план перехода на новую реализацию единицы массы, что для нас очень важно. Одна дата определена четко. Это 20 мая 2019 г., когда произошел переход на новое определение. Первичному эталону килограмма прописали неопределенность. Все национальные эталоны килограмма несколько ухудшили свои характеристики. У них появилась дополнительная неопределенность к неопределенности первичного прототипа. Параллельно идут эксперименты с Ватт-весами, идут сличения, и мы должны прийти к дате, которая в документе определена как дата «1», когда результаты будут привязываться к сличениям с учетом показателей ватт-весов.

Но самая важная дата — это дата «2», когда независимая реализация будет разрешена только тем, кто имеет ватт-весы. Каждая страна сможет воспроизводить единицу самостоятельно в любое время, не прибегая к услугам других стран и международных метрологических организаций. Важно отметить, что CIPM MRA обеспечивает достаточную защиту для гарантий того, что пока доказательства не подтвердят эту практику, международное признание калибровок не будет основано на индивидуальных реализациях. По общей договоренности, Консультативный комитет по массе не утвердит и не опубликует СМС для реализации пересмотренного килограмма до завершения 2-го этапа, и при этом не будет выявлено существенных неразрешенных несоответствий в текущих результатах ключевых сличений национальных метрологических институтов, подающих заявку на СМС. Это дает основание нам надеяться, что при интенсификации работ Россия сможет вернуть себе лидерство и в этой области.

Предпосылки и заделы для успешной реализации проекта отечественных ватт-весов имеются. Основной принцип работы ватт-весов — сравнение электрической и механической мощности. Точные измерения электрической мощности позволяет реализовать аппаратура, имеемая во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева в составе государственных первичных эталонов.

Эффект Джозефсона позволяет определить неизвестное напряжение  $U$  с неопределенностью  $4 \text{ нВ}$  в диапазоне  $\pm 10 \text{ В}$ . Квантовый эффект Холла позволяет определить неизвестное сопротивление  $R$  с относительной неопределенностью менее  $5 \cdot 10^{-9}$ .

Также необходимо с высочайшей точностью измерять перемещения, временные интервалы, ускорение свободного падения, параметры магнитного поля. Эталонная база российских национальных метрологических институтов позволяет выполнять соответствующие измерения с требуемой точностью.

Ниже приведен перечень национальных эталонов, которые позволяют реализовать проект отечественных ватт-весов:

ГЭТ 1 — эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени;

ГЭТ 2 — эталон единицы длины;

ГЭТ 3 — эталон единицы массы;

ГЭТ 12 — эталон единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции;

ГЭТ 13 — единицы электрического напряжения;

ГЭТ 14 — единицы электрического сопротивления;

ГЭТ 190 — единицы ускорения в области гравиметрии.

В 2020–2021 гг. по заданию Росстандарта была выполнена НИР «БАЛАНС» по созданию узлов и прототипов отечественных Ватт-весов. В ее рамках прорабатывались два принципиальных пути реализации:

1) весы равноплечные с коромыслом;

2) с использованием весовой ячейки.

Для весов равноплечных с коромыслом были разработаны и изготовлены:

— механическая система макета ватт-весов;

— отечественная электромагнитная система ватт-весов;

— алгоритмы измерений и обработки информации;

— система управления измерительными процессами и обработки измерительной информации.

Готова измерительная катушка, магнитная система (в сборе) и модель магнитной системы, за что надо высказать особую признательность коллегам с Урала. Характеристики магнита полностью соответствуют установленным требованиям.



Для весов с использованием весовой ячейки (центральный подвес) разработаны и изготовлены:

- отечественная весовая ячейка;
- механическая система центрального подвеса и расположения пробной массы;
- система управления механической системой.

Пока это макеты для веса порядка десяти граммов.

В рамках стартовавшей в 2021 г. НИР «ПРОГРЕСС» планируется продолжение исследований по отработке конструкции и способам улучшения технологий взвешивания на ватт-весах.

Успешная реализация данной научно-исследовательской работы позволит начать в 2023 г. (при наличии финансирования) реализацию опытно-конструкторской работы по созданию опытного образца полномасштабных отечественных ватт-весов.

В завершение хочу привести цитату из «Брошюры СИ»:

«Достижение экспериментальной точности и выполнение условий, изложенных в решениях Генеральной конференции по мерам и весам, позволяет гарантировать, что новая международная система единиц (SI) продолжает удовлетворять потребностям даже самых требовательных пользователей».

Это значит, что международному метрологическому сообществу удалось достигнуть своей главной цели — способствовать общему прогрессу и объединять человечество на основе точных и достоверных измерений.

*Антон Николаевич Пронин — генеральный директор ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, академик Метрологической академии.*





*Учредительный съезд Метрологической академии. 12 мая 1992 г.*



*Заседание президиума Метрологической академии, декабрь 2005 г.*



*Президиум Метрологической академии. 22 апреля 2010 г.*



*Академики Метрологической академии Ю. В. Тарбеев (слева) и В. Н. Нестеров*



*Академики Метрологической академии Ю. В. Тарбеев (слева) и В. Б. Ёлинин. 2010 г.*



*XV съезд Метрологической академии. 3 декабря 2013 г.*



*XV съезд Метрологической академии. 3 декабря 2013 г.*



*XV съезд Метрологической академии. 3 декабря 2013 г.*



*XV съезд Метрологической академии. 3 декабря 2013 г.*





*XV съезд Метрологической академии. 3 декабря 2013 г.*



*Президиум Метрологической академии. 24 апреля 2015 г.*



*Заседание Президиума Метрологической академии. 24 апреля 2015 г.*



*Награждение члена Коллегии (министра) Евразийской экономической комиссии по вопросам технического регулирования В. Н. Корешкова. Президиум Метрологической академии. 19 февраля 2016 г.*



*Заседание Президиума Метрологической академии. 19 февраля 2016 г.*



*Вручение награды  
старейшему академику Метрологической академии Е. Д. Колтику  
в связи с его 90-летием. 13 июля 2016 г.*



*XII Московский международный инновационный форум «Точные измерения — основа качества и безопасности». Метрологическая выставка. 16 мая 2016 г.*



*XII Московский международный инновационный форум «Точные измерения — основа качества и безопасности». Метрологическая выставка. 16 мая 2016 г.*



*Профессор Манфред Кохзик, руководитель Секретариата КОOMET, бывший вице-президент РТВ, становится почетным академиком Метрологической академии. Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Президент Метрологической академии В. В. Окрепилов вручает медаль академии А. Ю. Кузину. Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Президент Метрологической академии В. В. Окрепилов вручает медаль академии В. В. Швидуну. Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*





*Президент Метрологической академии В. В. Окрепилов вручает медаль академии Н. А. Обысову. Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Выступление В. Л. Гуревича на съезде Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Съезд Метрологической академии. 15 июня 2017 г.*



*Президиум Метрологической академии. 3 апреля 2018 г.*



*Заседание Президиума Метрологической академии. 3 апреля 2018 г.*



*Визит Руководителя Росстандарта А. П. Шалаева во ВНИИМ. 2021 г.*



*Заседание Президиума Метрологической академии. РОСТЕСТ-Москва. 9 июня 2021 г.*



*Заседание Президиума Метрологической академии. РОСТЕСТ-Москва. 9 июня 2021 г.*



*Выступление  
академика РАН  
В. В. Окрепилова  
на дискуссионной сессии  
«Пути развития системы  
обеспечения единства  
измерений в Российской  
Федерации» в рамках  
Международного форума  
и выставки «МетролЭкспо».  
9 сентября 2021 г.*



*Дискуссионная секция «Пути развития системы обеспечения единства измерений в Российской Федерации» в рамках Международного форума и выставки «МетролЭкспо».  
9 сентября 2021 г.*



*Дискуссионная секция «Пути развития системы обеспечения единства измерений в Российской Федерации» в рамках Международного форума и выставки «МетролЭкспо». 9 сентября 2021 г. Выступление Е. Р. Лазаренко*



*Дискуссионная секция «Пути развития системы обеспечения единства измерений в Российской Федерации» в рамках Международного форума и выставки «МетролЭкспо»*

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ — 30 ЛЕТ  
Сборник материалов

Научное издание

Редакторы *А. Гридасов, С. Князев*  
Верстка *М. Семенютина*  
Корректор *Н. Тимофеева*  
Художник *П. Лосев*

Подписано в печать 06.06.2022. Формат 195 × 260.  
Бумага офсетная. Объем 8 печ. л. Тираж 500 экз. Заказ № 356742

Отпечатано в ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА»  
Санкт-Петербург, Новочеркасский пр., 58, офис 413  
Тел.: (812) 445-10-02