

Меры в истории человечества

Спокойная внешне, метрология скрывает в своих глубинах знания, подвластные лишь немногим, но служащие большинству людей, которым нет нужды сомневаться в единстве своих взглядов на такие понятия, как метр, килограмм, литр, ватт и секунда.

О МЕТРОЛОГИИ – КОРОТКО

3-е ИЗДАНИЕ



ОБЛОЖКА

На первой обложке – фотография восточного моста Большой Бельт в Дании. Каждая из 55 отдельных частей восточного моста, длиной 48 м и весом 500 тонн, была точно измерена с целью совместимости с четырьмя несущими подвесными тросами и для обеспечения правильного натяжения. Отклонение измеренных и ожидаемых значений от теоретических было столь незначительным, что требуемая корректировка размеров подвесных тросов составила ± 30 мм. Размер корректировки высоты каждой конусообразной колонны был определен с точностью ± 1 мм. Большое количество подрядчиков и субподрядчиков из 10 европейских стран были вовлечены в процесс строительства моста в период с 1988 по 1997 год. Точные и прослеживаемые измерения были необходимым условием успешного строительства.

Preben Howarth

Danish Fundamental Metrology Ltd

Matematiktorvet 307

DK 2800 Lyngby

Denmark

pho@dfm.dtu.dk

Fiona Redgrave

National Physical Laboratory

Hampton Road, Teddington

TW11 0LW

United Kingdom

fiona.redgrave@npl.co.uk

Проект EURAMET 1011, участники: DFM Дания, NPL Великобритания,
PTB Германия

ФОТОГРАФ

Søren Madsen, © Sund & Bælt.

ДИЗАЙН

www.faenodesign.dk 4160-0708

Авторские права на издание настоящей брошюры принадлежат EURAMET e.V.2008. Секретариат EURAMET дал разрешение БелГИМ на перевод и издание брошюры на русском языке.
Сайт EURAMET: www.euramet.org,
e-mail секретариата: secretariat@euramet.org.

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ**

СЕРИЯ «МЕТРОЛОГИЯ ЗА РУБЕЖОМ»

О МЕТРОЛОГИИ – КОРОТКО

3-е издание

Под общей редакцией Н.А. Жагоры

Перевод с английского

Минск
БелГИМ
2012

УДК 006.91(100)

ББК 30.10

О-11

Серия основана в 2008 году

Перевел с английского В. В. Красовский

Metrology – in shot (3rd edition). – EURAMET e.V., 2008

О метрологии – коротко : пер. с англ. / под общ. ред. Н. А. Жагоры.

О-11 – Минск : БелГИМ, 2012 – 84 с.

Третье издание «О метрологии – коротко» было опубликовано проектом iMERA «Implementing Metrology in the European Research Area», в процессе реализации 6-й Рамочной программы, при совместной финансовой поддержке Европейской комиссии и участвующих в проекте институтов. Выводы, заключения и интерпретации, представленные в данной брошюре, отражают исключительно точку зрения их авторов и других лиц, принимавших участие в работе над брошюрой, и не должны никоим образом рассматриваться как выражение политики или мнения Европейской комиссии.

Издание предназначено для руководителей и специалистов метрологических служб.

УДК 006.91(100)

ББК 30.10

Производственно-практическое издание

О метрологии – коротко

Ответственный за выпуск Е. М. Ленюк

Подписано в печать 23.11.2012. Формат 60х84/16.

Гарнитура Verdana. Бумага Дата Копи.

Усл. печ. л. 5,4; Уч.-изд. л. 4,0. Тираж 100 экз. Заказ 83.

Республиканское унитарное предприятие

“Белорусский государственный институт метрологии” (БелГИМ)

ЛИ № 02330/0056820 от 02.03.2004.

220053, г. Минск, Старовиленский тракт, 93, Тел. (017) 233-65-76

Размножено на копировально-множительной технике в БелГИМ.

220053, г. Минск, Старовиленский тракт, 93

Печать обложки и переплет ОАО «Промпечать»

ЛП № 02330/0494112 от 11.03.2009,

Ул. Черняховского, 3, 220049, г. Минск

ISBN 978-985-6726-50-0

© EURAMET e.V., 2008

© Перевод на русский язык,
оформление. РУП «Белорусский
государственный институт
метрологии», 2012

Аннотация

Главная цель третьего издания брошюры «О метрологии – коротко» заключается в том, чтобы повысить осведомленность о метрологии, установить единое понимание метрологии и общую метрологическую эталонную модель. Это означает, что пользователи метрологических услуг должны получить прозрачный и удобный инструмент для получения информации в области метрологии.

Мировая экономика в наши дни в значительной степени зависит от надежности результатов измерений и испытаний. Они не должны создавать технических барьеров в торговле, и предпосылкой для этого является наличие развитой и устойчивой метрологической инфраструктуры.

Настоящая брошюра посвящена вопросам научной, промышленной и законодательной метрологии. Даны описания тематических областей метрологии, а также единиц измерения. Международная метрологическая инфраструктура представлена в подробностях, включая описание региональных метрологических организаций, таких, как EURAMET. Метрологические термины согласно перечню взяты непосредственно из признанных международных стандартов. Приведены ссылки на учреждения, организации и лаборатории с указаниями на их домашние страницы в сети Интернет.

Третье издание «О метрологии – коротко» было опубликовано проектом iMERA «Implementing Metrology in the European Research Area – Применение метрологии в области научных исследований в Европе», за номером контракта 16220, в процессе реализации 6-й Рамочной программы, при совместной финансовой поддержке Европейской комиссии и участвующих в проекте институтов.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
1. ВВЕДЕНИЕ	8
1.1 МЕРЫ В ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА	8
1.2 КАТЕГОРИИ МЕТРОЛОГИИ	10
2. МЕТРОЛОГИЯ	11
2.1 ПРОМЫШЛЕННАЯ И НАУЧНАЯ МЕТРОЛОГИЯ	11
2.1.1 ПРЕДМЕТНЫЕ ОБЛАСТИ	11
2.1.2 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЭТАЛОНЫ	14
2.1.3 СЕРТИФИЦИРОВАННЫЕ СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ	14
2.1.4 ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ И КАЛИБРОВКА	15
2.1.5 МЕТРОЛОГИЯ В ХИМИИ	16
2.1.6 СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДИКИ	17
2.1.7 НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ	19
2.1.8 ИСПЫТАНИЯ	21
2.2. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ	21
2.2.1 ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО О СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ	21
2.2.2 ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО О СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ	22
2.2.3 РЕАЛИЗАЦИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА О СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ	23
2.2.4 ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ И ИСПЫТАНИЯХ	25
3. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	27
3.1 МЕЖДУНАРОДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	27
3.1.1 МЕТРИЧЕСКАЯ КОНВЕНЦИЯ	27
3.1.2 МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОМИТЕТ МЕР И ВЕСОВ. ДОГОВОРЕННОСТЬ О ВЗАИМНОМ ПРИЗНАНИИ	28
3.1.3 НАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ИНСТИТУТЫ	30
3.1.4 НАЗНАЧЕННЫЕ ИНСТИТУТЫ	31
3.1.5 АККРЕДИТОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ	32
3.1.6 РЕГИОНАЛЬНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	32
3.1.7 ILAC	33
3.1.8 OIML	33
3.1.9 IUPAP	34
3.1.10 IUPAC	35
3.2 ЕВРОПЕЙСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	38
3.2.1 МЕТРОЛОГИЯ – EURAMET	38
3.2.2 АККРЕДИТАЦИЯ – EA	39
3.2.3 ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ – WELMEC	40
3.2.4 EUROLAB	41
3.2.5 EURACHEM	41
3.2.6 KOOMET	41
3.3 АМЕРИКАНСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	41
3.3.1 МЕТРОЛОГИЯ – SIM	41
3.3.2 АККРЕДИТАЦИЯ – IAAC	42
3.4 АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	43
3.4.1 МЕТРОЛОГИЯ – APMP	43
3.4.2 АККРЕДИТАЦИЯ – APLAC	43
3.4.3 ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ – APLMF	43
3.5 АФРИКАНСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	44
3.5.1 МЕТРОЛОГИЯ – AFRIMETS	44

3.5.2	МЕТРОЛОГИЯ – SADCМЕТ	44
3.5.3	АККРЕДИТАЦИЯ – SADCA	45
3.5.4	ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ – SADCМЕЛ	45
3.5.5	ИНЫЕ СУБРЕГИОНАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ	45
4.	РОЛЬ МЕТРОЛОГИИ. НЕСКОЛЬКО ПРИМЕРОВ	46
4.1	ПРИРОДНЫЙ ГАЗ	46
4.2	ГЕМОДИАЛИЗ	48
4.3	НАНОЧАСТИЦЫ	49
4.4	УДОБРЕНИЯ	50
4.5	СЧЕТЧИКИ ТЕПЛА	51
4.6	БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ	52
4.7	ЛЕЧЕНИЕ РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	53
4.8	ВЫБРОСЫ ОТ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	54
4.9	ДИРЕКТИВА ПО СРЕДСТВАМ ЛАБОРАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ IN-VITRO (IVD)	55
5.	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ	56
5.1.	ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ SI	58
5.2	ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ SI	60
5.3	ЕДИНИЦЫ ВНЕ СИСТЕМЫ SI	62
5.4	ПРЕФИКСЫ SI	64
5.5	ЗАПИСЬ НАЗВАНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ ЕДИНИЦ SI	65
6.	СЛОВАРЬ	67
7.	МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ. ССЫЛКИ	80
8.	БИБЛИОГРАФИЯ	82
9.	КООМЕТ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ)	83

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мы рады представить вам 3-е издание простой и удобной в использовании брошюры «О метрологии – коротко». Она разрабатывалась для того, чтобы обеспечить пользователей метрологических услуг, а также широкий круг читателей простым и вдобавок разносторонним справочным пособием по данной тематике. Брошюра адресована как тем, кто незнаком с метрологией и нуждается в пояснениях, так и тем, кто уже владеет предметом метрологии на любом уровне и хочет узнать о ней больше или просто получить конкретную информацию.

Надеемся, что «О метрологии – коротко» облегчит подход к изучению как технических, так и организационных аспектов метрологии и работу с применением полученных знаний. Первое издание брошюры, опубликованное в 1998 г., прекрасно себя зарекомендовало и нашло широкое применение в сфере метрологии, равно как и 2-е издание, опубликованное в 2004 г. Настоящее 3-е издание призвано развить этот успех, представляя еще больше информации для еще более широкой целевой аудитории.

Основная цель брошюры «О метрологии – коротко» – повысить осведомленность читателей о предмете метрологии и сформировать единое понимание значения метрологии и единую систему координат как внутри Европы, так и на уровне контактов между Европой и другими регионами по всему миру. Это особенно важно в связи с возросшим значением эквивалентности услуг, оказываемых в области измерений и испытаний для качества жизни, охраны окружающей среды и торговли, особенно в тех случаях, когда причиной возникновения технических барьеров в торговле становятся разночтения метрологического характера.

Поскольку развитие метрологии идет рука об руку с научно-техническим прогрессом, существует необходимость в обновлении и усовершенствовании брошюры «О метрологии – коротко», для того чтобы отразить в ней это развитие. Следовательно, содержание настоящего, третьего издания, было обновлено и расширено для приведения его в соответствие с процессами в рамках Соглашения о взаимном признании (MRA), включая образование юридического лица EURAMET e.V. в январе 2007 г. как новой европейской региональной метрологической организации. Оно также содержит дополнительную информацию об измерениях в химии и биологии и описывает несколько конкретных примеров того, каким образом развитие метрологии влияет на весь современный мир.

Надеюсь, настоящее новое издание завоюет еще большую популярность и будет использоваться еще шире, чем два предшествующих, а это в значительной мере будет содействовать укреплению торговых связей между различными регионами мира и повышению качества жизни их жителей.

Михаэль Кюне
Председатель EURAMET
июнь 2008 г.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 МЕРЫ В ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

К смертной казни приговаривались те, кто забывал калибровать эталон единицы длины каждое полнолуние или пренебрегал этим долгом. Такую опасность навлекали на себя своим поведением придворные архитекторы, ответственные за строительство храмов и пирамид фараонов в Древнем Египте, в 3000-х годах до нашей эры. Первый царский локоть был определен как длина предплечья от локтя до кончика вытянутого среднего пальца правящего фараона плюс ширина его руки. Исходный размер воспроизводился в мере, высекаемой из черного гранита. Рабочим на строительных площадках выдавались копии этой меры, изготовленные из гранита или дерева, а архитекторы были ответственными за поддержание правильного размера этих копий.

И хотя мы ощущаем себя далеко от этой отправной точки, как во времени, так и в пространстве, люди с тех пор уделяют огромное внимание правильности измерений. Ближе к нашим дням, в 1799 г. в Париже на основе помещенных на хранение двух платиновых эталонов, воспроизводящих метр и килограмм, была создана Метрическая система – прообраз современной Международной системы единиц (системы SI).

В современной Европе общая стоимость выполняемых измерений и взвешиваний соответствует 6% совокупного ВВП, таким образом, следует признать, что метрология стала неотъемлемой частью нашей повседневной жизни: доски и кофе покупаются по размеру и на вес; вода, электричество и тепло измеряются, а мы наблюдаем за тем, как это отражается на наших кошельках. Наше душевное спокойствие зависит от поведения весов, установленных в ванной комнате, точно так же, как и от присутствия на дороге полицейских радаров, способных повлечь для нас неприятные финансовые последствия. Количество действующих веществ в лекарственных средствах, результаты измерений образцов крови и параметры воздействия хирургического лазера также должны быть точными, чтобы не подвергать риску здоровье пациента. Считается, что почти невозможно ничего описать без ссылки на меры и веса: продолжительность светового дня, объем грудной клетки, процентное содержание алкоголя, масса отправляемого письма, температура в помещении, давление в шинах ... и так далее. Шутки ради, попробуйте поддержать разговор, избегая слов, относящихся к мерам и весам.

Далее, существуют предпринимательство, торговля и управление, которые, в свою очередь, не могут обойтись без мер и весов. Летчик внимательно следит за высотой, курсом, расходом топлива и скоростью самолета; пищевая инспекция измеряет содержание бактерий в продуктах питания; морские ведомства замеряют плавучесть, компании приобретают сырье и материалы по размеру и на вес и определяют объем своей продукции, используя те же единицы. Благодаря измерениям регулируются процессы и подаются сигналы тревоги. Сис-

тематические измерения с известными уровнями неопределенности – одна из основ контроля качества в промышленности; и вообще говоря, в большинстве отраслей промышленности расходы, связанные с выполнением измерений, составляют 10–15 % от общих производственных затрат. С другой стороны, добросовестные измерения могут существенно повысить стоимость, эффективность и качество выпускаемой продукции.

Наконец, наука полностью полагается на измерения. Геологи измеряют ударные волны, когда колоссальные силы, сопровождающие землетрясения, делают их ощутимыми; астрономы терпеливо изучают слабое излучение от далеких звезд, чтобы определить их возраст; физики ядерщики машут руками от восторга, когда при выполнении измерений в течение миллионных долей секунды им удается подтвердить существование бесконечно малой частицы. Наличие измерительного оборудования и возможность его использования является обязательным условием, если ученым приходится объективно документировать полученные результаты. Наука об измерениях – метрология, вероятно, самая древняя наука в мире, и знание способов ее применения совершенно необходимо практически для всех научных профессий!

Измерения требуют единого понимания

Спокойная внешне, метрология скрывает в своих глубинах знания, подвластные лишь немногим, но служащие большинству людей, которым нет нужды сомневаться в единстве своих взглядов на такие понятия, как метр, килограмм, литр, ватт и т.д. Доверие к этим понятиям имеет жизненную важность, позволяя метрологии координировать деятельность людей независимо от географических и профессиональных границ. Оно укрепляется с распространением сетевых форм сотрудничества, общих единиц и методик измерений, а также процедур признания, аккредитации и взаимных проверок эталонов и измерительных лабораторий в различных странах. Человечество накопило тысячелетний опыт работы, подтверждающий, что сотрудничество в области метрологии действительно облегчает жизнь.

Метрология – наука об измерениях

Метрология рассматривает три основные задачи:

1. Определение единиц измерений, принятых на международном уровне, например, таких как метр.
2. Воспроизведение единиц измерений посредством применения научных методов, например, воспроизведение метра с помощью лазера.
3. Установление прослеживаемости при определении и документировании результата и точности измерения и распространение соответствующих знаний, например, документированного соотношения между микрометрическим винтом в цехе прецизионной обработки и исходным эталоном лаборатории для оптической метрологии длины.

Перспективы метрологии...

Метрология важна для научных исследований, а научные исследования образуют основу развития самой метрологии. Наука постоянно стремится расширить пределы возможного, тогда как фундаментальная метрология исследует метрологические аспекты новых открытий. Речь идет о более совершенных метрологических средствах, которые позволили бы исследователям продолжать изыскания – а значит, только те области метрологии, развитие которых не остановилось, могут быть по-прежнему востребованы промышленностью и учеными-исследователями.

Соответственно, научная, промышленная и законодательная метрология также должны развиваться, чтобы не отставать от потребностей промышленности и общества, оставаясь необходимыми и полезными.

Предполагается, что брошюра «О метрологии – коротко» будет постоянно обновляться. Наилучший способ совершенствования такого пособия – это, разумеется, обобщение опыта тех, кто его использует, поэтому издатели будут благодарны за замечания, будь то одобрение или критика. Письма в адрес любого из авторов не останутся без внимания.

1.2 КАТЕГОРИИ МЕТРОЛОГИИ

Метрология делится на три категории, исходя из уровня сложности и точности:

1. *Научная метрология* – это наука об организации и разработке эталонов и об их поддержании и обслуживании (высший уровень).
2. *Промышленная метрология* призвана обеспечивать надлежащее функционирование средств измерений, используемых в промышленности, а также в производственных и испытательных процессах для обеспечения качества жизни граждан и для целей академических исследований.
3. *Законодательная метрология* связана с измерениями там, где они оказывают влияние на прозрачность экономических операций, в особенности в случаях, когда существуют законодательные требования о поверке средств измерений.

Для фундаментальной метрологии нет международного определения, но в общем она предполагает наивысший уровень точности в заданной области. Поэтому теоретическую метрологию можно назвать основной ветвью научной метрологии.

2. МЕТРОЛОГИЯ

2.1 ПРОМЫШЛЕННАЯ И НАУЧНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Промышленная и научная метрология – это две из трех категорий метрологии, описанных в главе 1.2.

Метрологическая деятельность, калибровка, испытания и измерения являются существенными факторами производства, определяющими качество многих процедур и процессов, связанных с промышленностью и обеспечением качества жизни населения. Сюда же относится потребность в прослеживаемой связи средств измерений с эталонами, которая приобретает такую же важность, как и сами измерения. Признание метрологической компетентности на каждом из уровней цепи прослеживаемости может быть достигнуто на основании соглашений о взаимном признании, таких как CIPM MRA и ILAC MRA, либо путем аккредитации и внешней оценки.

2.1.1 ПРЕДМЕТНЫЕ ОБЛАСТИ

Научная метрология делится МБМВ на 9 технических предметных областей: акустика, количество вещества, электричество и магнетизм, ионизирующее излучение и радиоактивность, длина, масса, фотометрия и радиометрия, термометрия, время и частота.

Внутри EURAMET выделяются еще три предметных области: расходомерия, междисциплинарная метрология и качество.

Не существует официального международного определения для подобластей.

Таблица 1. Предметные области и подобласти и некоторые важнейшие эталоны.

ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ	ПОДОБЛАСТЬ	ВАЖНЕЙШИЕ ЭТАЛОНЫ
МАССА И СВЯЗАННЫЕ С НЕЙ ВЕЛИЧИНЫ	Измерения массы	Эталон массы, эталонные весы, компараторы массы
	Сила и давление	Тензодатчики, гидравлические калибраторы давления, преобразователи силы, момента и крутящего момента, жидкостные/газовые грузопоршневые манометры, машины на испытание воздействия силы, емкостные манометры, ионизационные измерители давления
	Объем и плотность Вязкость	Стеклянные ареометры, лабораторная посуда, вибрационные плотномеры, стеклянные капиллярные вискозиметры, ротационные вискозиметры

ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ	ПОДОБЛАСТЬ	ВАЖНЕЙШИЕ ЭТАЛОНЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ	Постоянные электрические величины	Криогенные токовые компараторы, эффект Джозефсона и квантовый эффект Холла, источники опорного напряжения на диодах Зенера, потенциометрические методы, мосты-компараторы
	Переменные электрические величины	Выпрямители, эталонные конденсаторы, воздушные конденсаторы, эталонные катушки индуктивности, компенсаторы, ваттметры
	Ток и напряжение высокой частоты	Термопреобразователи, калориметры, болометры
	Большие токи и высокое напряжение	Измерительные трансформаторы тока и напряжения, высоковольтные источники опорного напряжения
ДЛИНА	Размерная метрология	Плоскопараллельные концевые меры длины, штриховые шкалы, ступенчатые калибры, установочные кольца, пробки, калибры высокой точности, циферблатные индикаторы, измерительные микроскопы, оптические плоские эталоны, координатно-измерительные машины, лазерные сканирующие микрометры, микрометры-глубиномеры, геодезические приборы для измерений длины
	Угловые измерения	Автоколлиматоры, поворотные столы, угловые меры, многоугольники, уровни
	Измерения формы	Эталоны прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, круглости, эталоны цилиндричности
	Качество поверхности	Ступенчатые эталоны высоты и углубления, эталоны шероховатости, оборудование для измерений шероховатости
ВРЕМЯ И ЧАСТОТА	Измерения времени	Цезиевые атомные часы, приборы для измерений интервалов времени
	Частота	Атомные часы и «фонтан»-часы, кварцевые генераторы, лазеры, электронные счетчики и синтезаторы, оптические ячейки
ТЕРМОМЕТРИЯ	Контактные измерения температуры	Газовые термометры, реперные точки МТШ-90, термометры сопротивления, термопары
	Бесконтактные измерения	Высокотемпературные черные тела, криогенные радиометры, пирометры, кремниевые фотодиоды

ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ	ПОДОБЛАСТЬ	ВАЖНЕЙШИЕ ЭТАЛОНЫ
ДОЗИМЕТРИЯ И РАДИОМЕТРИЯ	Влажность	Зеркальные индикаторы точки росы или электронные гигрометры, генераторы влажности: двухтемпературные или на принципе двух давлений
	Поглощенная доза – Медицинская продукция	Калориметры, ионизационные камеры
	Радиационная защита	Ионизационные камеры, эталонные пучки/поля, пропорциональные и другие счетчики, нейтронные спектрометры Боннера
	Радиоактивность	Ионизационные камеры с колодцем, сертифицированные источники радиоактивности, гамма- и альфа-спектроскопия, 4 пи детекторы
ФОТОМЕТРИЯ И РАДИОМЕТРИЯ	Оптическая радиометрия	Криогенные радиометры, оптические детекторы, стабилизированные источники опорного лазерного излучения, стандартные образцы
	Фотометрия	Приемники излучения для видимой области спектра, кремниевые фотодиоды, система для определения квантовой эффективности
	Колориметрия	Спектрофотометры
	Оптическое волокно	Стандартные образцы
РАСХОДОМЕТРИЯ	Расход газа (объемный)	Колокольные пружеры, крыльчатые газовые счетчики, трубинные газовые счетчики, эталоны сравнения с критическими соплами
	Расход жидкостей (объемный, массовый и теплоносителя)	Эталонные объема, кориолисовы массовые эталоны, уровнемеры, индуктивные расходомеры, ультразвуковые расходомеры
	Анемометрия	Анемометры
АКУСТИКА, УЛЬТРАЗВУК И ВИБРАЦИЯ	Акустические измерения в газах	Эталонные микрофоны, пистонфоны, конденсаторные микрофоны, калибраторы звука
	Акселерометрия	Акселерометры, преобразователи силы, вибрации, лазерные интерферометры
	Акустические измерения в жидкостях	Гидрофоны
	Ультразвук	Ультразвуковые ватт-метры, измерители силы излучения

ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ	ПОДОБЛАСТЬ	ВАЖНЕЙШИЕ ЭТАЛОНЫ
ХИМИЯ	Химия окружающей среды Медицинская химия	Сертифицированные стандартные образцы, масс-спектрометры, хроматографы, гравиметрические эталоны
	Химия материалов	Чистые вещества, сертифицированные стандартные образцы
	Химия пищевых продуктов, биохимия, микробиология	Сертифицированные стандартные образцы
	pH-метрия	Сертифицированные стандартные образцы, эталонные электроды

2.1.2 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЭТАЛОНЫ

Измерительный эталон – это материальная мера, средство измерений, стандартный образец или измерительная система, предназначенная для определения, реализации, хранения или воспроизведения единицы или одного или нескольких значений величины как опорных.

Пример: Метр определяется как длина пути, пройденного светом в вакууме в течение интервала времени, равного $1/299\,792\,458$ секунды. На первичном уровне метр воспроизводится как длина волны при помощи йод-стабилизированных гелий-неоновых лазеров. На подуровнях используются материальные меры, такие как плоскопараллельные концевые меры длины, а прослеживаемость удостоверяется средствами оптической интерферометрии для определения длины плоскопараллельных концевых мер длины, когда в качестве опорного значения берется упомянутая выше длина волны лазера.

Различные уровни эталона измерения в цепи сличения показаны на рисунке 1. Области и подобласти метрологии, а также важнейшие эталоны представлены в таблице 1 главы 2.1.1. Международного перечня всех имеющихся измерительных эталонов не существует.

Определения различных измерительных эталонов даны в словаре, глава 6.

2.1.3 СЕРТИФИЦИРОВАННЫЕ СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ

Сертифицированный стандартный образец (certified reference material – CRM) – это образцовое вещество, одно или несколько значений свойств которого установлены при аттестации по методике, обеспечивающей прослеживаемость к реализации единицы размера свойства. Каждое аттестованное значение сопровождается значением неопределенности с заданной доверительной вероятностью.

В отдельных частях света также применяется термин «стандартизированный эталонный образец» (standard reference material – SRM), который синонимичен термину CRM.

Сертифицированные стандартные образцы, как правило, выпускаются партиями. Значения свойств устанавливаются в заданных пределах неопределенности при измерении отдельных образцов, представляющих всю партию.

2.1.4 ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТЬ И КАЛИБРОВКА

Прослеживаемость к SI

Цепь прослеживаемости, рис. 1, представляет собой непрерывную цепь сличений, каждое из которых имеет заявленную неопределенность. Таким образом, обеспечивается связь между результатом измерения или значением эталона и соответствующими опорными значениями на более высоких уровнях, вплоть до первичного эталона.

В химии и биологии прослеживаемость часто поддерживается путем использования сертифицированных стандартных образцов и стандартных методик, см. главы 2.1.3 и 2.1.6.

Конечный пользователь может обеспечить прослеживаемость на высшем международном уровне, обратившись либо непосредственно в свой национальный институт метрологии, либо в калибровочную лабораторию более низкого уровня, как правило, аккредитованную. Благодаря различным заключаемым договоренностям о взаимном признании международная прослеживаемость может также быть обеспечена с участием лабораторий за пределами страны пользователя.

Калибровка

Основным средством обеспечения прослеживаемости является калибровка средств измерений, измерительных систем или стандартных образцов. Калибровка – это определение метрологических характеристик средства измерений или стандартного образца. Данная цель обычно достигается путем их непосредственного сличения с измерительными эталонами или сертифицированными стандартными образцами. Выдается сертификат калибровки и, в большинстве случаев, прибор снабжается соответствующей этикеткой.

Калибровка прибора может выполняться по четырем основаниям:

1. Для установления и подтверждения прослеживаемости.
2. Для подтверждения того, что показания прибора не противоречат результатам других измерений.
3. Для определения точности показаний прибора.
4. Для установления пригодности прибора, т.е. достоверности его показаний.

2.1.5 Метрология в химии

Изначально метрология развивалась в области физических измерений и полагалась на результаты, прослеживаемые к известным исходным эталонам, как правило, представляющим международную систему единиц (SI), с полностью изученными бюджетами неопределенности, основанными на GUM [6]. Применительно к химическим измерениям ситуация более сложная, поскольку при их проведении такие же тщательно контролируемые и подробно описанные условия часто не обеспечиваются, см. таблицу 2.

Таблица 2. Сравнение метрологии в физике и в химии

Метрология в физике и химии		
	Физика	Химия
Характер измерений	Сравнение величины: например, температуры	Сравнение величины: например, содержание ДДТ в молоке
Единицы измерения	м, с, К	моль/кг, мг/кг
Находится под влиянием...	Часто полагается на результаты прямых (непосредственных) измерений	Качество измерений определяется различными факторами
Основные направления воздействия	Калибровка оборудования	Химические операции (например, экстракция, растворение); используемые стандартные образцы; ...а также калибровка оборудования
Зависит от...	В значительной степени не зависит от образца	Существенно зависит от образца
Пример	Длина стола	Концентрация свинца в морской воде; почве, крови и т.п.

Во многих случаях первоочередной целью химических измерений является определение количества определенных компонентов, а не общего состава вещества. Общий состав вещества, таким образом, почти всегда остается неизвестным, а это означает, что в целом среда, в которой выполняются измерения, не поддается контролю и описанию.

Многие химические измерения обладают прослеживаемостью к эталону или эталонному методу. В других ситуациях измерения могут быть прослеживаемыми к (сертифицированным) стандартным образцам, в форме чистого вещества или стандартного образца-матрицы, с подтвержденным количеством содержащегося в нем аналита. Степень, в которой стандартные образцы могут представлять собой универсальный объект сравнения (особенно прослеживаемый к SI), зависит от качества привязки к значениям, полученным в процессе эталонных

измерений или через отсылку к значениям, реализуемым при помощи исходных эталонов.

pH

pH – это мера кислотности или щелочности водного раствора, определяемая количеством свободных ионов водорода, иначе говоря, мера активности (эффективной концентрации) этих ионов. pH – это важное понятие, поскольку протекание многих химических процессов, а также основных биологических процессов критическим образом зависит от уровня кислотности в месте реакции. Биологические процессы могут происходить в диапазоне значений активности ионов водорода, соответствующем, по меньшей мере, двум порядкам величины, тем не менее, каждый конкретный процесс обычно привязан к условиям, значение активности ионов водорода для которых колеблется в пределах всего лишь нескольких пунктов.

2.1.6 Стандартные методики

Стандартные методики или методы можно определить как процедуры

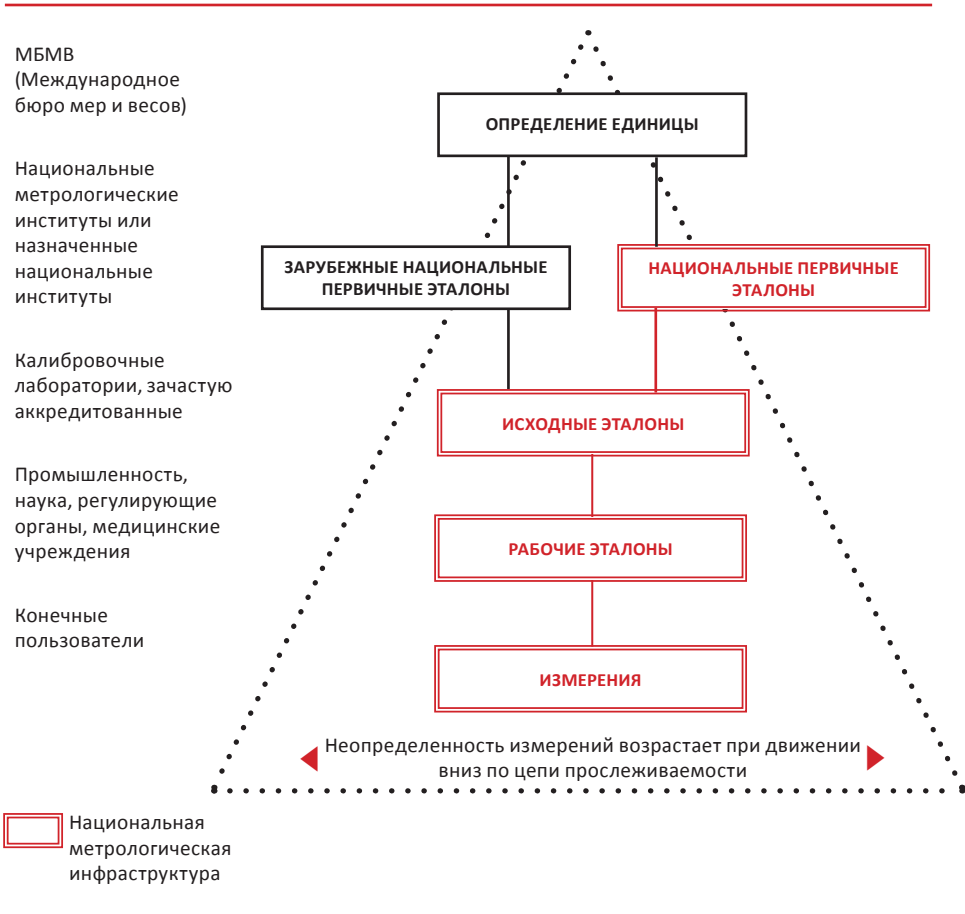
- испытаний, измерений или анализа, полностью формализованные и надежно контролируемые, предназначенные для:
- оценки качества других процедур в сопоставимых задачах или
- выяснения характеристик стандартных образцов, включая стандартные объекты, или
- определения стандартных величин (стандартных справочных данных).

Неопределенность результатов применения эталонной методики должна быть оценена и быть приемлемой для целевого использования.

В соответствии с данным определением эталонные методики могут служить для:

- подтверждения результатов других методик измерений или испытаний, предназначенных для сходных целей, и для выяснения их неопределенности.
- определения эталонных значений свойств материалов, которые могут быть опубликованы в справочниках или базах данных, или определения значений величин, присущих стандартному образцу или объекту, выступающему в качестве эталона.

Рисунок 1. Цепь прослеживаемости



2.1.7 Неопределенность

Неопределенность – это количественная мера качества результата измерений, позволяющая сравнивать результаты измерений с другими результатами, образцами, эталонами, спецификациями или стандартами.

Все измерения имеют погрешность, так что результат измерений отличается от значения измеряемой величины. При наличии достаточного времени и возможностей большинство источников погрешностей могут быть установлены, а сами погрешности измерения количественно определены и исправлены, например, путем калибровки. Между тем времени и возможностей для выявления и полного исправления этих погрешностей, как правило, оказывается недостаточно.

Неопределенность измерения может быть установлена различными путями.

Широко известным и часто применяемым, например, органами аккредитации, является рекомендованный ИСО метод GUM, описанный в «Руководстве по выражению неопределенности в измерениях» [6]. Основные подходы метода и лежащие в его основе принципы перечислены ниже.

Пример: Результат измерений подается в сертификате в следующем виде:

$$Y = y \pm U,$$

где значение неопределенности U имеет не более **двух** значащих цифр, а y , соответственно, округляется до такого же количества разрядов, в данном случае до семи.

Если при измерениях сопротивления омметром показания прибора составляют 1.000052 7 Ω , а омметр, согласно спецификации изготовителя, имеет неопределенность 0.081 Ω , указываемый в сертификате результат получает вид:

$$R = (1.000\ 053 \pm 0.000\ 081) \ \Omega$$

$$\text{Коэффициент охвата } k = 2$$

Неопределенность, приводимая для результатов измерений, обычно представляет собой *расширенную неопределенность*, получаемую при умножении суммарной стандартной неопределенности на числовой *коэффициент охвата*, зачастую $k = 2$, что соответствует интервалу приблизительно 95% уровня доверительной вероятности.

GUM – принципы расчета неопределенности

1) Измеряемая величина X , значение которой точно не определено, – это стохастическая переменная с вероятностной функцией.

2) Результат измерений x – это оценка ожидаемого значения $E(X)$.

3) Стандартная неопределенность $u(x)$ равняется квадратному корню из оценки значения дисперсии.

4) Оценка типа А

Математическое ожидание и дисперсия значения оцениваются путем статистической обработки результатов повторных измерений.

5) Оценка типа В

Математическое ожидание и дисперсия оцениваются иными методами. В соответствии с наиболее часто используемым подходом

выдвигается предположение о наличии вероятностного распределения, например, прямоугольного, исходя из имеющегося опыта или иной информации.

Метод GUM

Основан на принципах GUM

1) Идентификация всех значимых составляющих неопределенности измерения

Существует много факторов, способных повлиять на неопределенность измерения. Следует использовать модель текущего процесса измерения для идентификации этих факторов. Измеряемые величины применяются в математической модели.

2) Расчет стандартной неопределенности для каждой составляющей неопределенности измерения

Каждая составляющая неопределенности измерения отражается в виде стандартной неопределенности, вычисляемой способом А или В.

3) Расчет суммарной неопределенности

Принцип:

Суммарная неопределенность рассчитывается исходя из сочетания отдельных составляющих согласно закону распределения неопределенности.

Практическое применение:

— Для суммы или разности составляющих суммарная неопределенность рассчитывается как квадратный корень из суммы возведенных в квадрат неопределенностей составляющих.

— В случае произведения или частного составляющих для относительных стандартных неопределенностей применимо то же самое правило «сумма-разность».

4) Расчет расширенной неопределенности

Суммарная неопределенность умножается на коэффициент охвата k .

5) Результат измерений записывается как

$$Y = y \pm U.$$

2.1.8 ИСПЫТАНИЯ

Испытания – это определение характеристик продукции, процесса или услуги в соответствии с некоторыми процедурами, методиками или требованиями.

Испытания нацелены на то, чтобы установить, соответствует ли продукция техническим требованиям (подтверждение соответствия), а именно требованиям безопасности или характеристикам, существенным с точки зрения торговли. Испытания имеют широкое распространение, покрывают целый ряд областей, проводятся на различных уровнях и с разной степенью точности. Испытания проводятся лабораториями первой, второй или третьей стороны. В то время как лаборатории первой стороны представляют поставщика, а второй стороны – потребителя, лаборатории третьей стороны являются полностью независимыми.

Метрология закладывает основу для сравнимости результатов испытаний: так, она задает единицы измерения, обеспечивает прослеживаемость и оценивает неопределенность, сопутствующую результатам измерений.

2.2. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Законодательная метрология – это третья разновидность метрологии, см. главу 1.2. Законодательная метрология, в первую очередь, имеет отношение к средствам измерения, которые сами по себе подлежат законодательному контролю, а основной ее целью является обеспечение граждан правильными результатами измерений при выполнении официальных процедур и осуществлении торговых операций.

МОЗМ (OIML) – это *Международная организация законодательной метрологии*, см. главу 3.1.8.

За пределами законодательной метрологии существует много других законодательных областей, где для подтверждения соответствия установленным техническим нормам или требованиям законодательства необходимы измерения; к ним относятся, например, авиация, здравоохранение, производство строительных материалов, охрана окружающей среды и контроль над вредными выбросами.

2.2.1 Законодательство о средствах измерений

Тем, кто использует результаты измерений в сфере действия законодательной метрологии, нет нужды быть специалистами-метрологами, а государство берет на себя ответственность за достоверность таких измерений. Законодательно контролируемые средства измерений должны обеспечивать правильность результатов измерений:

- в заявленных рабочих условиях,
- на протяжении всего срока эксплуатации,

- в пределах заданных допустимых погрешностей.

Таким образом, соответствующие требования должны быть изложены в национальном или региональном законодательстве, в части, касающейся регулируемых законодательной метрологией средств измерений, а также методов измерений и испытаний, в том числе для фасованных товаров.

2.2.2 ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО О СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ

Средства измерений, контролируемые на уровне ЕС

В Европе гармонизация требований к законодательно контролируемым средствам измерений в настоящее время обеспечивается Директивой 71/316/ЕЕС, содержащей требования ко всем категориям средств измерений, а также иными предписаниями, относящимися к отдельным категориям средств измерений и опубликованными после 1971 г. Средства измерений, получившие одобрение типа ЕС (не все средства измерений) и прошедшие первичную поверку, могут быть представлены на рынке и эксплуатироваться во всех странах-участницах без применения к ним дальнейших испытаний и процедур одобрения.

В силу ряда исторических причин сфера применения норм законодательной метрологии в разных странах отличается. Со вступлением в действие 1 января 1993 г. Директивы по неавтоматическим весоизмерительным приборам (Non-automatic Weighing Instruments – NAWI), а 30 октября 2006 г. – Директивы по средствам измерения многие ранее принятые директивы, касающиеся средств измерений, утратили свою силу.

Европейская директива по неавтоматическим весоизмерительным приборам (NAWI)

Директива NAWI 90/384/ЕЕС (с изменениями, внесенными Директивой 93/68/ЕЕС) снимает ряд технических барьеров в торговле, формируя таким образом «единый» рынок, и регулирует применение соответствующих средств измерений, начиная с торговых весов и заканчивая промышленными платформенными весами для коммерческих, юридических и медицинских целей.

Европейская директива по средствам измерений (MID)

Директива по средствам измерений 2004/22/ЕС продолжает этот процесс ликвидации технических барьеров в торговле, регулируя вопросы поставки на рынок и применения следующих средств измерений:

- MI-001 счетчики воды,
- MI-002 счетчики газа,
- MI-003 счетчики электроэнергии и измерительные трансформаторы,
- MI-004 счетчики тепла,
- MI-005 средства измерений иных жидкостей, кроме воды,
- MI-006 автоматические весоизмерительные приборы,

MI-007 таксометры,

MI-008 материальные меры,

MI-009 измерительные системы геометрических размеров,

MI-010 анализаторы выхлопных газов.

Государствам-участникам предоставлено право выбирать средства измерений, применение которых они хотели бы регулировать. Существующие национальные нормативные акты, для которых установлен переходный период, не применяются к новым средствам измерений.

Электронные средства измерений не входят в область применения ранее принятых директив, однако на них распространяется действие директив NAWI и MID.

2.2.3 РЕАЛИЗАЦИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА О СРЕДСТВАХ ИЗМЕРЕНИЙ

Законодательный контроль

Профилактические меры принимаются перед выпуском средств измерений, т.е. многие средства измерений подлежат утверждению типа и поверке. Производители получают утверждение типа от компетентного органа, уполномоченного государством-участником, лишь в случае соответствия типа средства измерений всем соответствующим законодательным требованиям. При серийном производстве средств измерения поверка гарантирует, что каждый экземпляр отвечает требованиям, установленным процедурой утверждения типа.

Надзор за рынком – это меры инспекционного характера, применяемые для контроля соответствия средств измерений, размещаемых на рынке, законодательным требованиям. Для средств измерений, находящихся в эксплуатации, рекомендовано инспектирование либо периодические повторные поверки в целях обеспечения соответствия официальным требованиям. Эталоны, используемые в ходе таких инспекций и испытаний, должны быть прослеживаемыми к национальным или международным эталонам. Обязательный законодательный контроль средств измерений, упомянутых в директивах, осуществляется странами-участницами самостоятельно. Периодичность повторных поверок, инспекций и сроки действия свидетельств о поверке не подверглись гармонизации и, соответственно, определяются каждой страной-участницей в индивидуальном порядке, исходя из положений национального законодательства. Страны-участницы могут устанавливать в отношении средств измерений правовые требования, не прописанные в NAWI или MID.

Модули для различных этапов процесса оценки соответствия, содержащиеся в NAWI и MID, соотносятся с предусмотренной Директивой 93/465/ЕЕС, и применяются для всех директив по технической гармонизации.

Ответственность за реализацию требований

Директивы определяют:

- Ответственность изготовителя: продукция должна отвечать требованиям директив.
- Ответственность государства: несоответствующая требованиям продукция не должна поставляться на рынок или поступать в пользование.

Ответственность изготовителя

После введения в действия директив NAWI и MID изготовитель несет ответственность за сопровождение своей продукции знаком CE и дополнительной метрологической маркировкой с номером нотифицированного органа, гарантирующего правильность процесса оценки соответствия. Нанесение маркировки – это заявление о соответствии продукции требованиям директив. Соблюдение директив NAWI и MID является обязательным.

Упаковщики и импортеры фасованных товаров должны гарантировать, что подготовленные ими упаковки обеспечивают соответствие трем правилам упаковки. Для этих целей упаковщикам разрешено использовать процедуры количественного контроля по своему выбору при условии их достаточной жесткости для обеспечения соответствия правилам. Соблюдение трех правил может при необходимости проверяться путем проведения соответствующих испытаний, включая контрольные испытания, выполняемые официальными представителями местных органов торгового контроля. Директива по фасованным товарам носит диспозитивный характер.

Ответственность государства

Государство обязано препятствовать поступлению на рынок и/или эксплуатации средств измерений, подлежащих законодательному метрологическому контролю и не отвечающих применимым положениям директив. Например, при появлении на рынке средств измерений с неверно нанесенной маркировкой государству следует позаботиться об их изъятии из продажи.

Государство должно обеспечивать соответствие фасованных товаров, маркированных знаком «е» или обращенным знаком эпсилон, требованиям действующих директив.

Во исполнение своих обязательств, налагаемых директивами, государство осуществляет надзор за рынком. С этой целью государство привлекает инспекторов местных метрологических организаций, а также иных специалистов для:

- надзора за рынком,
- выявления всей несоответствующей требованиям продукции,
- информирования владельца или изготовителя продукции об ее несоответствии,
- передачи сведений о несоответствующей продукции в государственные органы.

2.2.4 ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ И ИСПЫТАНИЯХ

Состояние мировой экономики и качество нашей повседневной жизни зависят от надежности результатов измерений и испытаний, заслуживших доверие и получивших признание на международном уровне и не создающих препятствий для торговли. В дополнение к этим нормам, касающимся официальной поверки средств измерений, многие законодательно регулируемые отрасли испытывают потребность в измерениях и испытаниях для обеспечения соответствия как законодательным нормам, так и обязательным для применения стандартам. Речь, в частности, идет об авиационной отрасли, испытаниях безопасности автомобилей, здравоохранении, контроле состояния окружающей среды и уровня нежелательных выбросов, а также безопасности детских игрушек. Положения о качестве данных, измерениях и испытаниях, таким образом, представляют собой существенную часть целого ряда нормативных документов.

Руководство по надлежащей практике измерений в государственном регулировании

Измерения могут быть востребованы на любом этапе государственного регулирования. Эффективные нормы требуют соответствующего подхода к измерениям/испытаниям для:

- логического обоснования законодательной нормы,
- подготовки нормативно-правового акта и определения в нем соответствующих технических пределов,
- обеспечения надзора за рынком.

Руководство разработано в сотрудничестве с европейскими национальными метрологическими институтами и призвано облегчить понимание связанных с измерениями вопросов в процессе государственного регулирования. Ниже в обобщенной форме представлены сведения о содержании руководства.

Логическое обоснование нормы

- Идентификация движущих сил
- Сбор и сопоставление имеющихся данных
- Привлечение НИОКР для поддержки логического обоснования

Разработка нормы

- Оценка текущего состояния
- Установление жестких технических ограничений
- Привлечение НИОКР для выработки решений
- Установление уровня детализации предписания

Надзор за рынком

- Эффективные измерения и испытания
- Обратная связь
- Адаптация к новой технологии



Существуют по меньшей мере 9 существенных аспектов измерений, которые могут быть отнесены к каждому из этапов:

1. Определение параметров, подлежащих измерению.
2. Оптимальное использование существующей метрологической инфраструктуры.
3. Обеспечение надлежащей прослеживаемости измерений – связи с единицами и системы SI (по возможности – через непрерывную, контролируемую цепь сличений).
4. Наличие соответствующих методов и процедур для всех видов испытаний и калибровки.
5. Возможность введения технических пределов, исходя из анализа рисков на основе надежных данных, – следует установить, подтверждающие или опровергающие предложенное обоснование, требуется ли получение новых или дополнительных данных.
6. Оптимальное использование существующих международных эталонов – при необходимости с применением дополнительных требований.
7. Предполагаемая неопределенность измерения – должно быть известно, как она соотносится с установленными техническим и пределом и как она влияет на возможность оценки соответствия.
8. Выборка данных – необходимо знать, является ли она случайной или целенаправленной, существует ли научная база для требований, связанных с частотой выборки, каково влияние сроков, сезонных или географических различий.
9. Наличие надлежащей технологии измерений для соответствующих параметров.

3. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

3.1 МЕЖДУНАРОДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

3.1.1 МЕТРИЧЕСКАЯ КОНВЕНЦИЯ

В середине 19 века отчетливо проявилась потребность во внедрении универсальной десятичной метрической системы, в частности, во время проведения первых всемирных промышленных выставок. В 1875 году в Париже прошла дипломатическая конференция, на которой представителями правительств 17 государств было подписано официальное соглашение – так называемая «Метрическая Конвенция». Было решено создать и финансировать постоянно действующую научную организацию: Международное бюро мер и весов – **МБМВ** (BIPM). В 1921 г. текст Метрической конвенции подвергся небольшим изменениям.

Представители правительств стран-участниц Конвенции собираются вместе каждые четыре года для участия в заседаниях Генеральной конференции мер и весов – **ГКМВ** (CGPM). ГКМВ служит для обсуждения и исследования работы, которая выполняется национальными метрологическими институтами и МБМВ, а также для выработки рекомендаций по новым фундаментальным метрологическим определениям и всем основным вопросам, касающимся деятельности МБМВ.

В 2011 г. Метрическая конвенция объединяла 54 государства, а 28 государств и экономических сообществ являлись ассоциированными членами ГКМВ, с правом направлять на заседания ГКМВ своих наблюдателей.

ГКМВ избирает до 18 представителей для участия в работе Международного комитета мер и весов, **МКМВ** (CIPM), заседания которого проходят ежегодно. МКМВ осуществляет управление МБМВ по поручению ГКМВ и сотрудничает с другими международными метрологическими организациями. МКМВ выполняет подготовительную работу по принятию технических решений, далее утверждаемых ГКМВ. Поддержку МКМВ оказывают 10 консультативных комитетов. Председателями консультативных комитетов обычно являются члены МКМВ. Прочие члены консультативных комитетов – это представители национальных метрологических институтов (см. главу 3.1.3) и другие специалисты.

Для решения конкретных задач МБМВ и другими международными организациями был создан ряд объединенных комитетов.

- JCDCMAS – Объединенный комитет по координации помощи развивающимся странам в области метрологии, аккредитации и стандартизации.
- JCGM – Объединенный комитет по руководствам в метрологии.
- JCRB – Объединенный комитет региональных метрологических организаций и МБМВ.
- JCTLM – Объединенный комитет по прослеживаемости в лабораторной медицине.

Рисунок 2. Организация Метрической конвенции



*) См. Глоссарий

3.1.2 Международный комитет мер и весов. Договоренность о взаимном признании

Договоренность о взаимном признании **CIPM MRA** – это соглашение между национальными метрологическими институтами (НМИ, см. 3.1.3) Договоренность была подписана в 1999 г. и подверглась небольшим изменениям по некоторым техническим пунктам в 2003 г. Она состоит из двух частей. Первая часть посвящена определению степени взаимного соответствия национальных измерительных эталонов, тогда как вторая касается взаимного признания сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых институтами-участниками. Правом подписания CIPM MRA от каждой страны обладает только один национальный метрологический институт, тем не менее, другие институты той же страны, которые располагают признанными национальными эталонами, также могут быть

назначены для участия в МКМВ МРА при посредничестве НМИ, подписавшего Договоренность. Такие институты обычно называются **назначенными институтами** (НИ). НМИ может принять решение о присоединении к одной или к обеим частям CIPM MRA. НМИ, являющиеся ассоциированными членами Метрической конвенции, могут присоединиться к CIPM MRA только как участники соответствующей региональной метрологической организации. Международные и межгосударственные организации, уполномоченные МКМВ, также могут присоединиться к CIPM MRA. CIPM MRA не дополняет и не заменяет содержание какой-либо из частей Метрической конвенции и представляет собой техническое соглашение между руководителями НМИ, а не дипломатический договор. Целями CIPM MRA являются:

- определение степени взаимного соответствия национальных измерительных эталонов, поддерживаемых НМИ;
- взаимное признание сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых НМИ;
- предоставление таким образом правительствам государств и другим заинтересованным сторонам надежной технической основы для заключения более широких соглашений, связанных с международной торговлей, предпринимательством и управлением.

Эти цели достигаются такими средствами, как:

- взаимная оценка заявленных калибровочных и измерительных возможностей (СМС) НМИ-участников и назначенных институтов (НИ);
- подтверждаемое участие НМИ и НИ в международных сличениях измерительных эталонов (ключевых или дополнительных сличениях);
- взаимная оценка систем качества и подтверждение компетентности НМИ-участников и НИ.

Итогом выполнения действий, перечисленных выше, является подтверждение измерительных возможностей (СМС) каждого НМИ или назначенного института и публикация соответствующих сведений в электронной базе данных, администрированием которой занимается МБМВ и которая доступна всем желающим по сети Интернет.

Директоры НМИ подписывают МРА с одобрения ответственных органов их стран и тем самым:

- признают порядок формирования базы данных, определенный CIPM MRA;
- признают результаты ключевых и дополнительных сличений, зафиксированные в базе данных;
- признают калибровочные и измерительные возможности других участвующих в Договоренности НМИ и НИ, зафиксированные в базе данных.

Следовательно, участие НМИ в CIPM MRA позволяет национальным органам аккредитации и прочим организациям рассчитывать на доверие к результатам выполняемых измерений на международном уровне и признание размеров единиц измерений, передаваемых НМИ. Оно также дает основания для международного признания результатов измерений, выполняемых аккредитованными испытательными и калибровочными лабораториями, при условии, что эти лаборатории могут компетентным образом подтвердить прослеживаемость своих измерений к измерениям участвующих в Договоренности НМИ или НИ.

Присоединение к CIPM MRA налагает на подписавший Договоренность НМИ ряд обязательств, из чего, однако, не следует, что данные обязательства распространяются на любое другое учреждение в той же стране. Исключительную ответственность за результаты калибровки и измерений, несет сам НМИ, выполняющий калибровку и измерения; CIPM MRA не предусматривает распределение ответственности за эти результаты между ним и какими-либо другими НМИ.

Деятельность в рамках CIPM MRA координируется МБМВ и консультативными комитетами, региональные метрологические организации и МБМВ отвечают за реализацию процесса, описанного выше, а Объединенный комитет региональных метрологических организаций и МБМВ отвечает за анализ и утверждение строк в базе данных. До 2008 г. CIPM MRA была подписана представителями 73 институтов из 45 стран-участниц, 26 ассоциированными членами ГКМВ и 2 международными организациями, а также охватывала 117 других институтов, назначенных подписавшими Договоренность сторонами. В настоящее время около 90% мирового товарного оборота осуществляется между странами-участницами CIPM MRA.

База данных по ключевым сличениям МБМВ

База данных по ключевым сличениям МБМВ (KCDB) состоит из четырех частей, которые выступают как приложения к CIPM MRA.

Приложение А: Перечень участвующих НМИ и назначенных институтов

Приложение В: Результаты ключевых и дополнительных сличений

Приложение С: Калибровочные и измерительные возможности (СМС) НМИ и назначенных институтов

Приложение D: Перечень ключевых сличений

По состоянию на 2008 г. в базе данных было зарегистрировано 620 ключевых и 179 дополнительных сличений. Количество зарегистрированных СМС составило более 24 000, все они подверглись взаимной оценке со стороны экспертов НМИ, руководство которой осуществлялось региональными метрологическими организациями, а координация на международном уровне – JCRB.

3.1.3 НАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ИНСТИТУТЫ

Национальный метрологический институт (НМИ) – это организация, уполномоченная на национальном уровне для разработки и поддержания национальных измерительных эталонов одной либо нескольких величин.

НМИ представляет страну на международном уровне по отношению к национальным метрологическим институтам других стран, к региональным метрологическим организациям и МБМВ. НМИ – это основа международной метрологической организации, структура которой показана на рисунке 2.

Перечень НМИ можно найти на сайте МБМВ или получить через региональные метрологические организации, так, в Европе названия НМИ и назначенных институтов, являющихся членами EURAMET, доступны на сайте EURAMET.

Многие НМИ занимаются первичной реализацией основных единиц измерения и производных единиц на предельно высоком международном уровне, тогда как некоторые НМИ поддерживают вторичные эталоны, прослеживаемые к эталонам других НМИ.

Помимо деятельности, описанной выше, НМИ, как правило, отвечают за:

- передачу значений единиц системы SI аккредитованным лабораториям, промышленным предприятиям, научным учреждениям, регулирующим органам и т.п.;
- исследования в области метрологии, разработку и совершенствование измерительных эталонов (первичных и вторичных) и методов измерений;
- участие в сличениях на высшем международном уровне;
- поддержание и общий контроль национальной иерархической системы калибровки и обеспечения прослеживаемости (национальной системы измерений).

3.1.4 НАЗНАЧЕННЫЕ ИНСТИТУТЫ

НМИ или правительство страны-участницы соответственно может уполномочить другие имеющиеся в стране институты для хранения тех или иных национальных эталонов. Такие лаборатории часто называются «назначенными институтами», особенно если они принимают участие в деятельности в рамках CIPM MRA. В некоторых странах действует централизованная метрологическая организация с одним единственным НМИ. В других странах предусмотрена децентрализованная организация с ведущим НМИ и рядом назначенных институтов, которые могут иметь или не иметь статус НМИ в собственной стране в зависимости от круга их полномочий.

Назначенные лаборатории определяются в соответствии с программой действий по метрологии в различных предметных областях, а также исходя из метрологической политики государства. Ввиду того, что роль метрологии в таких нетрадиционных для нее областях, как химия, медицина и продукты питания, неуклонно возрастает, не многие страны имеют НМИ, деятельность которых покрывает все предметные области, а это означает, что количество назначенных институтов в настоящее время увеличивается.

3.1.5 АККРЕДИТОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Аккредитация – это признание технической компетентности лаборатории, ее системы качества и ее независимости третьей стороной.

Аккредитованы могут быть как государственные, так и частные лаборатории. Аккредитация носит добровольный характер, однако, ряд международных, европейских и национальных органов, заботясь о качестве услуг, оказываемых испытательными и калибровочными лабораториями в пределах соответствующей компетенции, настаивают на том, чтобы они были аккредитованы органом по аккредитации. Так, в отдельных странах аккредитация обязательна для лабораторий, которые заняты в пищевом секторе, или для органов, которые осуществляют калибровку гирь, используемых в розничной торговле.

Аккредитация осуществляется на основе оценки лаборатории и регулярного инспекционного контроля. Аккредитация в основном базируется на региональных и международных стандартах, например, ISO/IEC 17025 «Общие требования к компетентности калибровочных и испытательных лабораторий», а также на технических условиях и руководствах, под действие которых подпадает соответствующая лаборатория.

Целью аккредитации является признание результатов измерений, выполняемых аккредитованной лабораторией одной из стран-участниц официальными органами и промышленными предприятиями всех остальных стран. Соответственно, органы по аккредитации располагают достигнутыми на международном или региональном уровне договоренностями о взаимном признании, направленными на признание и обеспечение соответствия систем измерений, а также сертификатов и протоколов испытаний, оформляемых аккредитованными организациями.

3.1.6 РЕГИОНАЛЬНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Координация сотрудничества между НМИ на региональном уровне осуществляется региональными метрологическими организациями, см. рисунок 3. Основные направления деятельности РМО определяются в зависимости от конкретных нужд соответствующего региона, но, как правило, они включают в себя:

- координацию сличений национальных измерительных эталонов и других мероприятий в рамках CIPM MRA;
- сотрудничество в области метрологических исследований и разработок;
- обеспечение прослеживаемости к первичным реализациям единиц системы SI;
- сотрудничество в области развития метрологической инфраструктуры стран-участниц;
- совместное обучение и консультации;
- совместное использование технических средств.

В рамках CIPM MRA PMO играют решающую роль, поскольку на них лежит ответственность за осуществление процесса проверки, описанного в главе 3.1.2, и подготовку отчета о результатах, полученных PMO для Объединенного комитета региональных органов (JCRB).

3.1.7 ILAC

Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий, ILAC – это форма взаимодействия разнообразных схем аккредитации по всему миру. Начав свою работу в 1977 г. как конференция, в 1996 г. ILAC официально оформилась как самостоятельная организация. В 2000 г. 36 членов ILAC подписали *Договоренность о взаимном признании ILAC*, а к 2008 г. количество участников ILAC MRA возросло до 60. Оценка участвующих в Договоренности органов по аккредитации служит более широкому международному признанию результатов испытаний и устранению технических барьеров в торговле согласно рекомендациям Соглашения о технических барьерах в торговле, заключенного при Всемирной торговой организации, и во исполнение данного соглашения.

ILAC представляет собой ведущий мировой форум по разработке методик и процедур аккредитации лабораторий. ILAC содействует продвижению аккредитации лабораторий как одного из средств активизации международной торговли наряду с признанием компетентности органов, занятых калибровкой и испытаниями, во всем мире. Частью глобального подхода ILAC является также консультирование и поддержка стран, занятых построением национальных систем аккредитации лабораторий. Эти развивающиеся страны могут на равных принимать участие в работе ILAC, получая таким образом доступ к ресурсам его наиболее авторитетных членов.

3.1.8 OIML

Международная организация по законодательной метрологии (МОЗМ(OIML)) была учреждена в 1955 г. на основе подписанной ее участниками конвенции, последние изменения в которую вносились в 1968 г. Задача МОЗМ заключается в содействии гармонизации законодательных метрологических процедур в мировом масштабе. В 2008 г. МОЗМ насчитывала 59 и 57 стран-участниц и членов-корреспондентов, присоединившихся к МОЗМ на правах наблюдателей.

Глобальная техническая структура МОЗМ, сложившаяся за время существования организации, снабжает ее членов руководящими документами по метрологии, необходимыми при разработке национальных и региональных требований к производству и использованию средств измерений для нужд законодательной метрологии. МОЗМ издает международные рекомендации, которые выступают в качестве согласованной на международном уровне базы при подготовке актов национального законодательства по различным категориям средств измерений.

Основными составляющими международных рекомендаций являются:

- область применения, задачи и терминология;
- метрологические требования;
- технические требования;
- методы и оборудование для испытаний и проверки соответствия требованиям;
- форма протокола испытаний.

Проекты рекомендаций и документов МОЗМ подготавливаются техническими комитетами или подкомитетами, сформированными из представителей стран-участниц. В 2008 г. МОЗМ насчитывала 18 технических комитетов.

Система сертификации МОЗМ, введенная в 1991 г., дает изготовителям возможность получить сертификат МОЗМ и протокол испытаний, которые свидетельствуют о соответствии средств измерений выпускаемого типа требованиям распространяющихся на них международных рекомендаций МОЗМ. Сертификаты выдаются государствами-участниками МОЗМ, учредившими один или несколько компетентных органов для обработки заявок производителей, желающих сертифицировать выпускаемые ими средства измерений. Признание данных сертификатов национальными метрологическими службами является добровольным.

В 2005 г. началась работа по внедрению Договора о взаимном признании МОЗМ (OIML MAA). OIML MAA связана с оценкой типа МОЗМ. Целью в каждой отдельной области является подписание Декларации о взаимном доверии. Данный процесс еще не закончен.

3.1.9 IUPAP

Международный союз чистой и прикладной физики, IUPAP, был создан в 1923 г. В 2008 г. в нем состояло 48 сообществ ученых-физиков, а работа в рамках была распределена между 20 комиссиями. Одна из них – это Комиссия по эталонам, единицам, номенклатуре, атомным весам и фундаментальным постоянным, первоочередной задачей которой является:

содействие обмену информацией и мнениями между членами международного научного сообщества в области общих фундаментальных постоянных, в том числе что касается:

- a. физических измерений;
- b. чистой и прикладной метрологии;
- c. номенклатуры и символов для физических величин и единиц измерения;
- d. стимулирования работы по уточнению рекомендуемых значений атомных масс и фундаментальных физических постоянных, а также содействия их повсеместному применению.

IUPAC издает «красную книгу» под заголовком «Символы, единицы и номенклатура в физике».

3.1.10 IUPAC

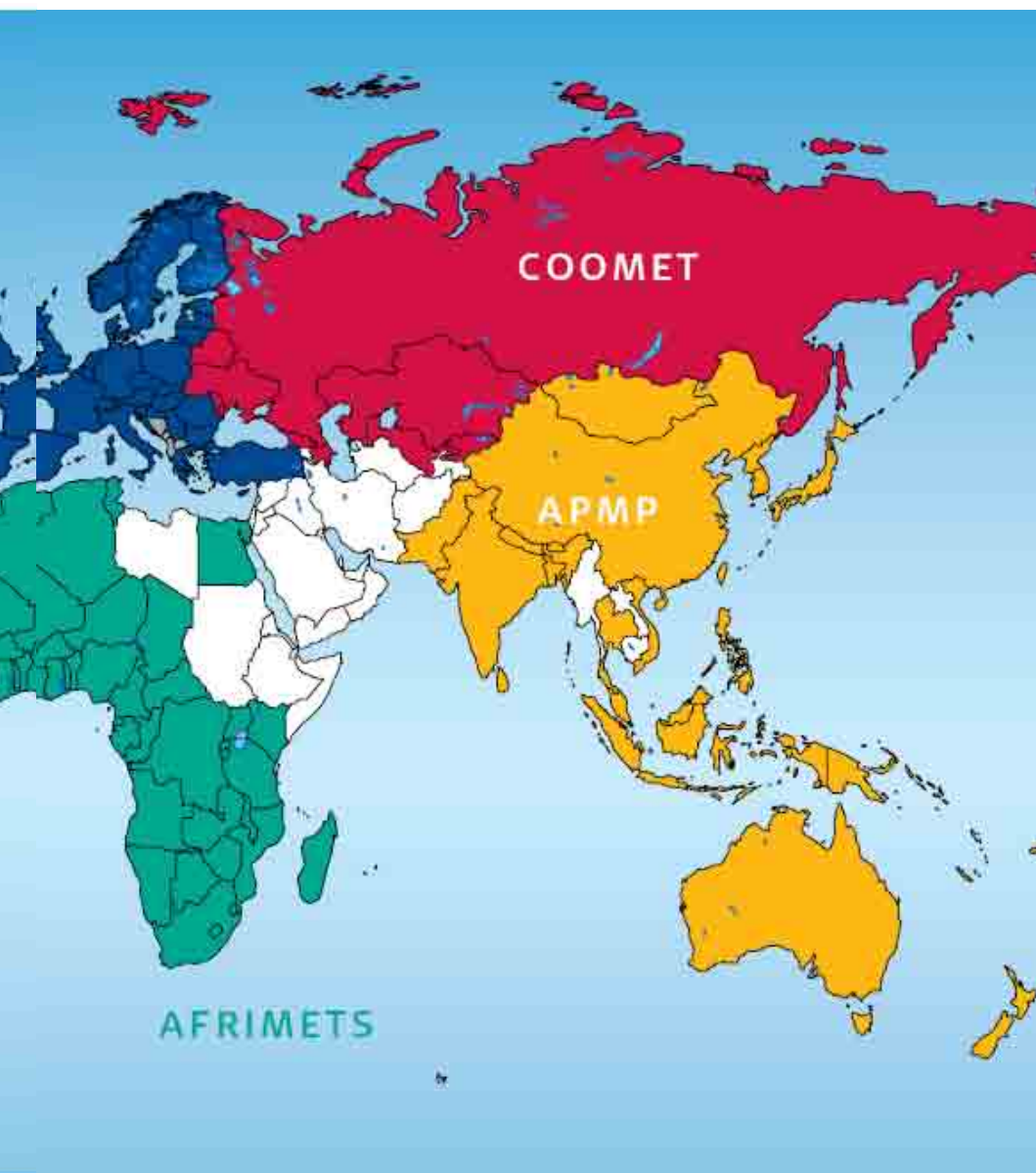
Международный союз чистой и прикладной химии, IUPAC, – это международная негосударственная организация, целью которой является расширение общемировых аспектов химических исследований и содействие практическому применению химии для решения вопросов, представляющих интерес с точки зрения химических наук.

IUPAC была образована в 1919 г. IUPAC – это сообщество, состоящее из национальных организаций-участниц, число которых по состоянию на 2008 г. составляло 50, а также 17 ассоциированных национальных организаций-участниц. Структура IUPAC включает в себя 8 отделов. IUPAC рассматривается и признается в качестве авторитетного международного органа по химической номенклатуре, стандартизованным методам измерений, атомным весам и другим критически важным данным.

IUPAC публикует серию книг по химической номенклатуре в разнообразных областях химии.

Рисунок 3. Региональные метрологические организации во всем мире





3.2 ЕВРОПЕЙСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Географический охват региональных метрологических организаций (РМО) показан на карте РМО, см. рисунок 3.

3.2.1 МЕТРОЛОГИЯ – EURAMET

Координация деятельности в области метрологии на протяжении почти 20 лет осуществлялась EURMET, Европейским сотрудничеством по эталонам, в основу работы которой был положен Меморандум о понимании. Новые задачи европейской метрологии, такие как повышение уровня интеграции и координации метрологических научно-исследовательских и конструкторских разработок, подчеркнули необходимость создания официального органа, который обеспечивал бы согласование деятельности метрологических организаций Европы. В январе 2007 г. Европейская ассоциация национальных метрологических институтов, EURAMET e.V., получила статус зарегистрированного общества – публичной организации – в соответствии с нормами права ФРГ. С 1 июля 2007 г. EURAMET пришла на смену EUROMET в качестве европейской РМО.

Структура EURAMET показана на рисунке 4. EURAMET включает в себя 12 технических комитетов, 10 из них относятся к предметным областям, перечисленным в таблице 1, тогда как 2 других решают междисциплинарные вопросы метрологии и организуют взаимную проверку систем качества НМИ и НИ в рамках MKMB MRA.

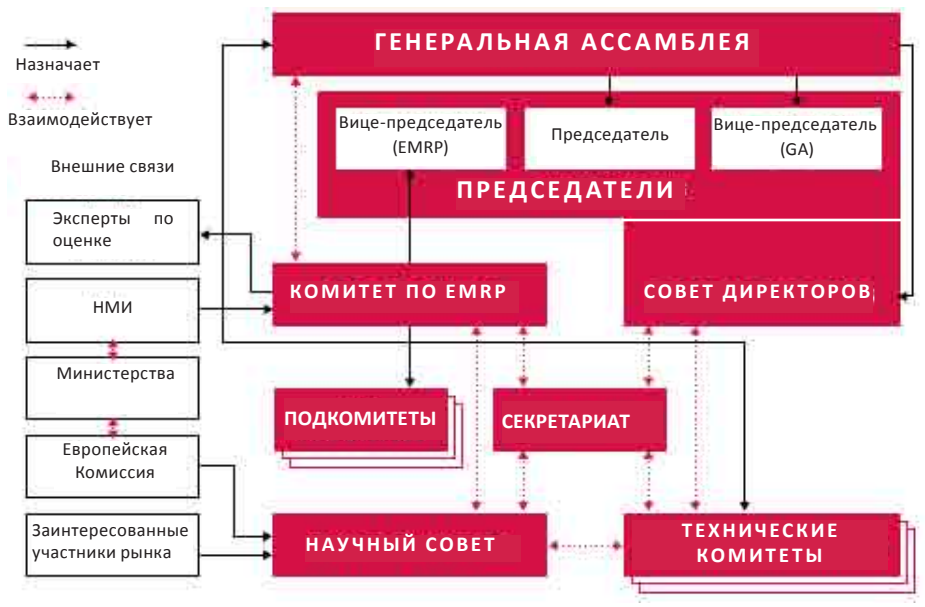
По состоянию на 2008 г. организация объединяла 32 европейских НМИ, а также Институт стандартных образцов и измерений (IRMM) Европейской Комиссии в качестве полноправных членов и 4 подавших заявку на вступление НМИ в качестве ассоциированных членов. Назначенные институты из стран, НМИ которых являются членами EURAMET, принимают участие в работе организации как ассоциированные члены.

Одна из задач EURAMET заключается в накоплении «критической массы» и приобретении большего влияния за счет координации проводимых в Европе исследований в области метрологии. Сюда входит анализ будущих общих потребностей в области метрологии, определение общих целей и программ и планирование и реализация совместных исследовательских проектов путем использования потенциала участвующих НМИ. В рамках проекта IMERA (IMERA = «Implementing the Metrology European Research Area» (Внедрение метрологии в Европейском научном пространстве) была подготовлена Европейская исследовательская программа по метрологии (EMRP) и разработаны процедуры и инфраструктура внутри EURAMET для его реализации. Выполнение первого, трех-летнего этапа EMRP, стоимость которого оценивается в 64 млн. евро началось в 2008 г. при совместном финансировании со стороны 20 стран-участниц и Европейской Комиссии в рамках ее собственной программы ERANET Plus.

3.2.2 АККРЕДИТАЦИЯ – EA

Европейское сотрудничество по аккредитации (EA) – это некоммерческая организация, созданная в ноябре 1997 г. и официально зарегистрированная в июне

Рисунок 4. Структура EURAMET e.V.



2000 г. в Нидерландах. ЕА была образована в результате слияния Европейской организации аккредитации органов по сертификации и Европейского сотрудничества по аккредитации лабораторий. ЕА – это европейская сеть признаваемых на национальном уровне органов по аккредитации структурированная в соответствии с географическими особенностями территории Европы. ЕА является членом Международного сотрудничества по аккредитации лабораторий (International Laboratory Accreditation Cooperation – ILAC) и Международного форума по аккредитации (International Accreditation Forum – IAF).

Члены ЕА, успешно прошедшие процесс взаимной оценки, могут подписать соответствующую многостороннюю договоренность о признании (ЕА МЛА) в области аккредитации:

- лабораторий (калибровочных и испытательных);
- инспекционных органов;
- органов по сертификации (СМК, СУОС, продукции, услуг и персонала, контролеров схемы экологического менеджмента и аудита), признающих и поддерживающих эквивалентность систем друг друга, а также сертификатов и отчетов, оформляемых аккредитованными органами.

По состоянию на 2008 г. ЕА насчитывала 35 полноправных членов, а участниками ЕА МЛА являлись организации из 27 европейских стран.

В июне 2005 г. ЕА и EUROMET подписали двухстороннюю Договоренность о понимании (MoU), направленную на поддержку непрерывного сотрудничества

между двумя организациями. В связи с переходом статуса европейской РМО к EURAMET существует необходимость подписания между EA и EURAMET новой договоренности. Вопросы менеджмента документов, посвященных калибровке, переданы из EA в EURAMET, а кроме того, EURAMET оказывает EA содействие в области межлабораторных сличений, связанных с калибровкой.

Метрологическая инфраструктура в большинстве стран включает в себя национальные метрологические институты (НМИ), назначенные национальные лаборатории и аккредитованные лаборатории. Во многих странах в НМИ и назначенных лабораториях прослеживается тенденция к привлечению организаций третьей стороны для оценки собственных систем качества в процессе аккредитации, сертификации или взаимной оценки.

3.2.3 ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ – WELMEC

Западноевропейское сотрудничество по законодательной метрологии (WELMEC) была основана в 1990 г. Меморандумом о понимании, подписанный 15 странами ЕС и 3 странами ЕАСТ в связи с подготовкой и введением в действие директив «Нового подхода». Позднее, в 1999 г., название организации было изменено на «Европейское сотрудничество в области законодательной метрологии» с сохранением аббревиатуры WELMEC. С этого времени WELMEC допускает ассоциированное членство в организации для стран, подписавших соглашение с Европейским союзом. Полноправными членами WELMEC являются национальные органы по законодательной метрологии стран-членов ЕС и ЕАСТ, тогда как национальные органы по законодательной метрологии стран, находящиеся в процессе получения членства ЕС, являются его ассоциированными членами. По состоянию на 2008 г. WELMEC насчитывала 33 полноправных и 3 ассоциированных члена.

Целями WELMEC являются:

- укрепление взаимного доверия между организациями, занятыми в области законодательной метрологии в Европе;
- гармонизация деятельности в области законодательной метрологии;
- стимулирование обмена информацией между всеми заинтересованными организациями.

Комитет WELMEC состоит из представителей государств, являющихся полноправными и ассоциированными членами WELMEC, а также из наблюдателей от EURAMET, EA, МОЗМ и других региональных организаций, в сферу интересов которых входит метрология. Комитет собирается не реже одного раза в год. Его работу поддерживают несколько рабочих групп. Небольшая группа советников консультирует председателя комитета по стратегическим вопросам.

WELMEC предоставляет Европейской Комиссии и Совету консультации касательно применения и дальнейшей разработки директив в области законодательной метрологии, например Директивы по средствам измерений и Директивы по неавтоматическим весоизмерительным приборам.

3.2.4 EUROLAB

EUROLAB – это Европейская федерация национальных организаций измерительных, испытательных и аналитических лабораторий, объединяющая около 2000 европейских лабораторий. EUROLAB подразумевает добровольное сотрудничество для выражения и распространения технических и политических взглядов сообщества лабораторий и для координации их действий, например, в отношениях с Европейской Комиссией, с европейскими органами по стандартизации и в других вопросах международного значения.

EUROLAB организует семинары и симпозиумы, а также готовит меморандумы и технические отчеты. Многие лаборатории, деятельность которых связана с метрологией, также являются членами EUROLAB.

3.2.5 EURACHEM

EURACHEM – это созданная в 1989 г. сеть организаций, которая включает в себя организации 33 государств Европы и Европейскую Комиссию. Целью основания явилось построение единой системы обеспечения прослеживаемости измерений в области химии на международном уровне и распространение надлежащей практики качества. В большинстве стран-участниц построены свои национальные сети.

EURACHEM и EURAMET сотрудничают в вопросах создания назначенных лабораторий, использования стандартных образцов и прослеживаемости к единице количества вещества в системе SI, молю. Решением технических вопросов занимается совместный Технический комитет по метрологии в химии (MetChem).

3.2.6 KOOMET*

KOOMET, Евро-Азиатское сотрудничество государственных метрологических учреждений, – это организация, основанная в 1991 г. и объединяющая 18 НМИ из Центральной и Восточной Европы и Центральной Азии. KOOMET представляет собой региональную метрологическую организацию стран Евразии, а ее участники осуществляют совместную работу в области научной и законодательной метрологии и услуг калибровки.

3.3 АМЕРИКАНСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

3.3.1 Метрология – SIM

Трансамериканская метрологическая система (SIM), была создана на основе соглашения между метрологическими организациями 34 участников Организации американских государств (Organization of American States – OAS). SIM – это региональная метрологическая организация в странах Америки, деятельность которой осуществляется в рамках CIPM MRA, см. раздел 3.1.2.

Образованная для содействия международному, прежде всего в Америке, и региональному сотрудничеству в области метрологии, SIM ставит своей задачей распространение на американском континенте глобальной системы измерений, пользующейся доверием всех пользователей. В целях создания устойчивой

**Дополнительную информацию о KOOMET можно найти в главе 9 (стр. 83).*

региональной метрологической системы SIM организована в виде пяти региональных подразделений:

- NORAMET – Северная Америка,
- CARIMET – страны Карибского бассейна,
- CAMET – Центральная Америка,
- ANDIMET – страны, расположенные в Андах,
- SURAMET – прочие страны Южной Америки.

Решение вопросов законодательной метрологии также находится в компетенции SIM. Задачей Рабочей группы по законодательной метрологии (Legal Metrology Working Group) является гармонизация законодательных метрологических требований и условий практической деятельности в Северной и Южной Америке исходя из положений рекомендаций и документов МОЗМ.

3.3.2 АККРЕДИТАЦИЯ – ИААС

Трансамериканское сотрудничество по аккредитации (ИААС) представляет собой объединение органов по аккредитации и прочих организаций, в сферу интересов которых входит проведение оценки соответствия в странах Америки.

Перед объединением стоит задача обеспечить подписание действующих на международном уровне договоренностей о взаимном признании между органами по аккредитации американских государств. Кроме того она содействует сотрудничеству органов по аккредитации и заинтересованных организаций на американском континенте. Членами ИААС могут быть как лаборатории, так и органы по аккредитации систем управления. ИААС предлагает своим участникам обширную программу обучения специалистов.

ИААС насчитывает 20 полноправных членов, 7 ассоциированных членов и 22 партнерские организации в 22 странах. ILAC и IAF признают ИААС в качестве регионального органа, представляющего американский континент.

3.4 АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

3.4.1 МЕТРОЛОГИЯ – АРМР

Азиатско-Тихоокеанская метрологическая программа (АРМР) – это региональная метрологическая организация азиатско-тихоокеанского региона, выполняющая функции РМО, как описано в разделе 3.1.3. АРМР была основана в 1977 г. и является старейшим постоянно действующим региональным метрологическим сообществом в мире.

АРМР учредила Комитет развивающихся стран (Developing Economies Committee – DEC), который помогает удовлетворять запросы НМИ развивающихся стран, а также осуществлять общий контроль и координацию деятельности по соответствующим программам работ.

3.4.2 АККРЕДИТАЦИЯ – APLAC

Азиатско-Тихоокеанское сотрудничество по аккредитации лабораторий (APLAC) – это сотрудничество между организациями Азиатско-Тихоокеанского региона, ответственными за аккредитацию калибровочных и испытательных лабораторий и инспекционных органов.

Членами APLAC являются признаваемые на национальном уровне органы по аккредитации, государственные или одобренные государством. Члены APLAC выполняют оценку лабораторий и инспекционных органов с точки зрения соответствия международным стандартам и аккредитуют их для проведения конкретных видов испытаний или инспекционного контроля.

APLAC начала свою работу в 1992 г. как форум, позволяющий органам по аккредитации обмениваться информацией, гармонизировать свои процедуры и подготавливать договоренности о взаимном признании, которые обеспечивали бы признание результатов испытаний или инспекционных проверок, выполняемых аккредитованными органами, в зарубежных странах.

APLAC располагает действующими программами в таких областях, как:

- информационный обмен между участниками,
- разработка технических руководств,
- межлабораторные сличения/проверка компетентности,
- подготовка экспертов-аудиторов для оценки лабораторий,
- разработка процедур и правил подготовки Договоренностей о взаимном признании.

3.4.3 ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ – APLMF

Азиатско-Тихоокеанский форум по законодательной метрологии (APLMF) – это сообщество органов по законодательной метрологии, целью которого является развитие данной отрасли метрологии и содействие свободной и открытой торговле в регионе путем гармонизации требований и ликвидации технических или административных барьеров в торговле в сфере законодательной метрологии. Будучи одной из региональных организаций, работающих в тесном сотрудничестве с МОЗМ, APLMF содействует укреплению связей между организациями по законодательной метрологии и добивается гармонизации норм законодательной метрологии в азиатско-тихоокеанском регионе.

APMP, APLAC и APLMF признаны Азиатско-Тихоокеанским экономическим сотрудничеством (Asia-Pacific Economic Cooperation – APEC) в качестве специализированных региональных организаций. Специализированные региональные организации оказывают поддержку подкомитету APEC по стандартам и соответствию в вопросах ликвидации технических барьеров в региональной торговле.

3.5 АФРИКАНСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

3.5.1 МЕТРОЛОГИЯ – AFRIMETS

Внутриафриканская метрологическая система (AFRIMETS) была образована в июле 2007 г. решением учредительной Генеральной Ассамблеи, под руководством SADC MET (см. 3.5.2) и под эгидой Нового экономического партнерства в интересах развития Африки (New Economic Partnership for African Development – NEPAD), поддерживаемого Африканским союзом (African Union – AU). В целях наиболее полного и эффективного представления интересов всего континента работа AFRIMETS ведется на субрегиональном уровне предпочтительным образом в рамках региональных экономических сообществ (таких, как SADC, EAC, CEMAC, ECOWAS, UEMOA) как основных членов. Область деятельности AFRIMETS охватывает научную, промышленную и законодательную метрологию. Предполагается, что AFRIMETS заменит SADC MET в качестве африканской РМО в рамках MRA МКМВ в конце 2008 г., чтобы обеспечить охват всего африканского континента.

AFRIMETS насчитывает пять субрегиональных организаций в качестве основных членов:

- CEMAC MET – метрологическое сотрудничество стран Центральной Африки;
- EAC MET – метрологическое сотрудничество стран Восточной Африки;
- MAG MET – метрологическое сотрудничество стран Магриба;
- SADC MET – метрологическое сотрудничество стран Южной Африки, включая SADC MEL – орган по законодательной метрологии;
- SOA MET – метрологическое сотрудничество стран Западной Африки.

Страны, не входящие в субрегиональные организации, могут присоединяться к AFRIMETS на правах рядовых членов. В 2008 г. в организации состояли 3 рядовых члена.

SADC

Под договором о создании **Южно-Африканской организации развития** (Southern African Development Community – SADC) поставили подписи представители 14 стран.

SADC имеет наиболее продолжительную историю сотрудничества на субрегиональном уровне на базе Протокола о торговле SADC и Меморандума о понимании и сотрудничестве в области стандартизации, обеспечения качества, аккредитации и метрологии (Memorandum of Understanding on Cooperation in Standardization, Quality Assurance, Accreditation and Metrology – SQAM). Структурные составляющие программы SQAM: SADC STAN (Сотрудничество SADC в области стандартизации), SADCA, SADC MET и SADC MEL – преследуют цель устранения технических барьеров в торговле.

3.5.2 МЕТРОЛОГИЯ – SADC MET

SADC MET – это Сотрудничество SADC в области прослеживаемости измерений, включающее в себя 14 стран-участниц и 5 ассоциированных членов. Членами организации являются НМИ или метрологические институты де факто. В прошлом SADC MET

исполняла роль региональной метрологической организации в Африке, однако она охватывала лишь некоторые части континента. Планируется, что недавно организованная AFRIMETS заменит SADC MET в качестве региональной метрологической организации, представленной в МКМБ, и будет действовать на всем африканском континенте. Когда AFRIMETS получит полномочия РМО, SADC MET продолжит свое существование в качестве ее субрегионального члена.

3.5.3 АККРЕДИТАЦИЯ – SADCA

Сотрудничество по аккредитации SADC (SADCA) содействует формированию сообщества признаваемых на международном уровне аккредитованных лабораторий и органов по сертификации (персонала, продукции и систем, включая системы качества и системы управления окружающей средой) и обеспечивает страны-участницы услугами по аккредитации с целью устранения технических барьеров в торговле как на добровольном, так и законодательном уровне. Задача SADCA состоит в создании надлежащей инфраструктуры аккредитации, которая позволяла бы организациям государств-членов SADC пользоваться услугами признаваемых на международном уровне национальных органов по аккредитации соответствующих стран, или принимать участие в формировании региональной службы аккредитации, SADCAS.

3.5.4 ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ – SADC MEL

Сотрудничество SADC в области законодательной метрологии (SADC Cooperation in Legal Metrology – SADC MEL) содействует гармонизации национальных положений по законодательной метрологии в странах-участницах, а также между SADC и другими международными и региональными торговыми объединениями. Рядовыми членами организации являются органы по законодательной метрологии стран-участниц SADC.

3.5.5 ИНЫЕ СУБРЕГИОНАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Восточноафриканское сообщество (East African Community – EAC) в 2001 г. подготовило протокол, а в 2006 г. подписало Акт о стандартизации, обеспечении качества, метрологии и испытаниях, предусматривающий организацию сотрудничества в области метрологии на региональном уровне силами подкомитета EAC по метрологии. Основными задачами организации является обеспечение международного признания измерительных возможностей, дальнейшее развитие этих возможностей и их оценка путем проведения сличений. **Западно-Африканский экономический и валютный союз (West African Economic and Monetary Union – UEMOA)** располагает аналогичными структурами, там деятельность в области аккредитации и метрологии обеспечивается Западно-Африканской метрологической системой (West African Metrology System – SOAMET) и системой аккредитации (Accreditation System – SOAC) соответственно. Работа над созданием таких совместных органов ведется и в других региональных африканских экономических сообществах, таких как ECOWAS и CO MESA.

4. РОЛЬ МЕТРОЛОГИИ. НЕСКОЛЬКО ПРИМЕРОВ

4.1 ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

Природный газ обходится в миллиарды евро – какова его точная стоимость?

Единство и достоверность результатов измерений объема природного газа по всей Европе составляют необходимое условие защиты потребителей и обеспечения финансовых поступлений в бюджет.

В ЕС насчитывается 210 миллионов потребителей природного газа, для транспортировки которого служат 1,4 миллиона километров трубопроводов. Уровень ежегодного потребления газа достигает отметки 500 миллиардов кубических метров, а его стоимость составляет многие сотни миллиардов евро.

Газ является дорогостоящим товаром, широко представленным на европейском рынке и предполагающим отчисления с продаж в бюджет. Таким образом, важно, чтобы потребители, страны-экспортеры и импортеры, а также налоговые органы сохраняли уверенность в добросовестности, непротиворечивости и достоверности выполняемых измерений.

Потребляемый газ оплачивается в соответствии с объемом и теплотой сгорания, значение которой зависит от состава газа. Для определения состава газа служат методы газовой хроматографии, реализуемые по сложной схеме. Измерения выполняются в большом количестве точек газопроводной сети в соответствии с суточным, недельным, месячным и годичным графиками, с использованием газовых хроматографов. Расчет теплоты сгорания газа производится газовым хроматографом автоматически, в соответствии с международными техническими стандартами.

Калибровку газового хроматографа выполняют с использованием сертифицированных стандартных образцов (ССО) газа, прослеживаемых к ССО, калиброванных национальными метрологическими институтами. В соответствии с Договоренностью о взаимном признании CIPM MRA все присоединившиеся к ней национальные метрологические институты, а также назначенные институты обязаны предоставлять данные о своих калибровочных и измерительных возможностях и системах качества для взаимной оценки и принимать участие в соответствующих ключевых сличениях (результаты сличений CIPM по природному газу, как показано на рис.6). Аналогичным образом аккредитованные лаборатории, охваченные действием Соглашения о взаимном признании CIPM ILAC, также принимают участие в программах сличений, связанных с этим Соглашением. Соглашения о взаимном признании CIPM MRA и ILAC MRA предоставляют механизм международного признания сертификатов калибровки, оформляемых институтами-участниками.

Эти соглашения вместе с оценками, практическими измерениями и сличениями, дополняющими их, обеспечивают доверие к товарам в трансграничной торговле.

Рисунок 5. Результаты сличений по природному газу

CCQM-K1.g, природный газ типа iii
Степени эквивалентности для метана с номинальным значением 824 ммоль/моль

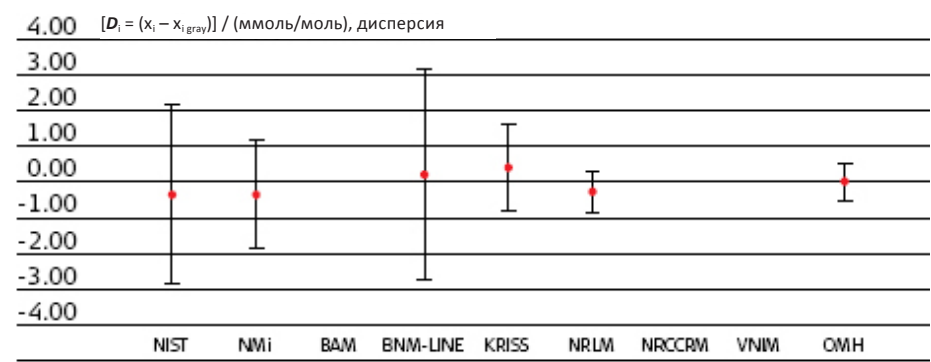
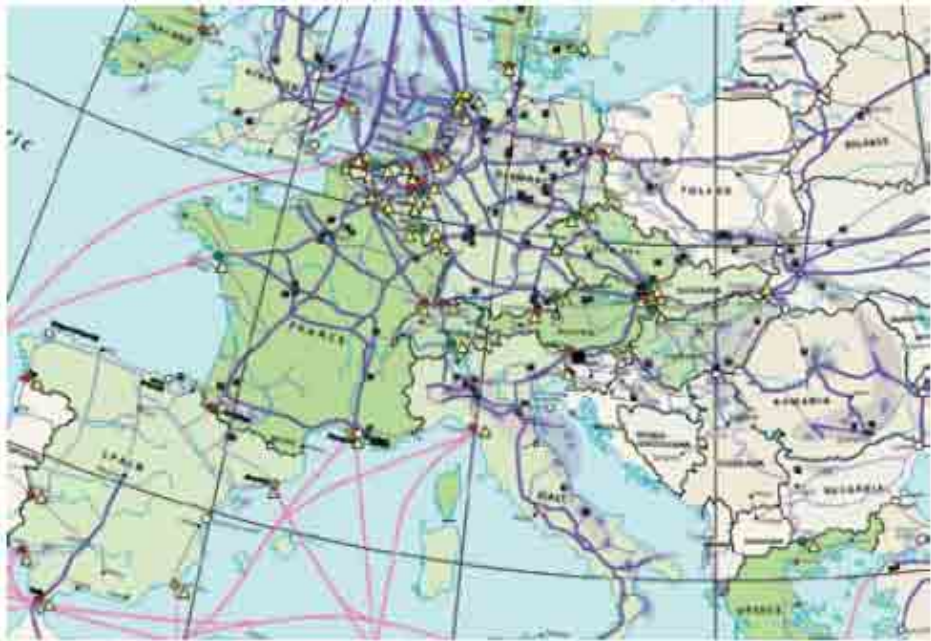


Рисунок 6. Европейская сеть газопроводов для поставки природного газа



Источник: «gte Gas Transmission Europe»

4.2 ГЕМОДИАЛИЗ

Гемодиализ – точность измерений повышает качество жизни и снижает расходы на здравоохранение

Фундаментальные исследования в области измерений электрической проводимости оказывают непосредственное влияние на качество жизни пациентов, нуждающихся в диализе.

Качество жизни приблизительно четверти миллиона проживающих в ЕС диализных пациентов в значительной степени определяется самой процедурой диализа, которая обычно занимает от четырех до пяти часов два–три раза в неделю и отказ от которой означает для них смерть. Подобная процедура является болезненной для пациента и дорогостоящей для системы здравоохранения, кроме того, необходимость ее проведения негативно сказывается на способности пациентов к жизни в обществе и на их возможности работать по профессии. Следовательно, главный вопрос состоит в том, каким образом можно повысить эффективность этой процедуры.

Количество пациентов с хронической дисфункцией почек каждый год увеличивается приблизительно на 7%–9%, то есть удваивается каждые десять лет; при этом предполагается, что число больных, для которых необходим диализ, также должно возрасть приблизительно на 4% в год. Около 75% диализных пациентов в Дании подвергаются процедуре, при которой кровь пациента пропускается через аппарат «искусственная почка», удаляющий продукты разложения при помощи осмотической мембраны. С чем большей точностью выполняются измерения электрической проводимости, тем лучше может быть оптимизирован этот процесс, что позволяет как сократить продолжительность процедуры, так и смягчить болезненные ощущения пациента, которые он испытывает во время проведения диализа.

Результаты фундаментальных исследований в области измерений электрической проводимости, таким образом, непосредственно отражаются на качестве жизни пациентов, подвергаемых гемодиализу, и на затратах на медицинское обслуживание.

4.3 НАНОЧАСТИЦЫ

Измерения наночастиц и охрана здоровья людей

Измерения взвешенных в воздухе наночастиц в окружающей среде и на рабочем месте могут помочь улучшению качества воздуха и охране здоровья людей.

Влияние наночастиц, присутствующих в воздухе, на здоровье человека привлекает к себе все большее внимание. Наночастицы могут попадать в организм при вдыхании, проглатывании или проникновении через кожу и, по имеющимся сведениям, способны приводить к заболеваниям дыхательных органов. Наночастицы могут поступать как из естественных, так и из искусственных источников, таких как дым, автомобильные выхлопы, промышленные материалы, пыль, сажа, пыльца растений. Рынок нанотехнологий стремительно растет. Если в 2001 г. он оценивался в 38 миллиардов евро, то в 2010 г., согласно прогнозам, должен достигнуть уровня 152 миллиардов евро, при этом на наночастицы должно приходиться около 40 % от названной суммы.

Последние исследования взвешенных в воздухе частиц позволяют предположить, что вызываемые генетические нарушения у человека могут быть связаны с размером таких частиц и, вероятно, с площадью их поверхности, поскольку токсичность материалов возрастает по мере того, как уменьшается размер частицы.

Прослеживаются три направления исследований, позволяющих определить качество наночастиц в атмосфере или на рабочем месте, и их влияние на организм человека. Эти исследования в будущем позволят принять новое законодательство по охране труда, новые нормы по охране окружающей среды, а также разработать новые надежные стандарты, помогающие сохранить здоровье человека:

1. Оборудование, способное измерять наночастицы, существует уже несколько лет, однако надежность и эквивалентность измерений с использованием различных типов приборов, равно как и их технические характеристики, все еще требуют подтверждения. Современные работы в области метрологии направлены на изучение технических характеристик различных приборов, а также на решение некоторых фундаментальных вопросов, связанных с измерениями наночастиц. Ключевые параметры наночастиц, на которые направлены исследования, включают в себя количественную плотность (концентрацию), размер частиц, площадь поверхности и состав.
2. Точное производство наночастиц с сохранением стабильного регулируемого и прослеживаемого диаметра и известной количественной плотности. Такие генераторы частиц позволят осуществлять калибровку наноизмерительных устройств и заниматься изучением артефактов газовой фазы в процессе измерения массовой концентрации частиц (PM) (этот метод широко применяется при анализе продуктов сгорания двигателей).
3. Улучшенные методы определения характеристик и улучшенное понимание взаимодействия организма человека с наночастицами. Это позволит ввести токсикологическую классификацию наночастиц, что станет важным шагом в разработке законодательства по нанобезопасности.

4.4 УДОБРЕНИЯ

Прецизионные измерения могут обеспечить экономию 700 000 тонн удобрений в год

Прецизионные машины для внесения удобрений уменьшают негативное воздействие на окружающую среду и позволяют добиться экономии в сельском хозяйстве.

Перерасход удобрений не только увеличивает финансовые затраты фермеров, но и способствует загрязнению и разрушению окружающей среды, так как удобрения с полей попадают в ручьи, реки и на прилегающие территории. Такой перерасход часто бывает непреднамеренным и возникает ввиду недостаточной прецизионности используемой техники для различных видов полей и типов машин.

Инновационные решения с использованием достижений метрологии внесли существенный вклад в разработку интеллектуальных машин для внесения удобрений. Такие решения включают в себя измерения массы внесенных удобрений на гектар, а также разработку и валидацию метода измерений. Измерения количества удобрений, поступающих из машины, сочетаются с GPS-позиционированием машины на поле, благодаря чему вносимое количество удобрений может быть скорректировано в соответствии с неодинаковыми требованиями для разных участков поля. Различная потребность площади обрабатываемых полей в удобрениях определяется для них на основе ежегодных карт урожая за предыдущие годы.

Внедрение таких разработок обеспечило последовательное сокращение неопределенности механизированного внесения удобрений на гектар с 5% до 1%. Может показаться, что это немного, но если учесть, что в 2001 г. в 15 странах ЕС было израсходовано 15,6 миллиона тонн промышленных сельскохозяйственных удобрений, то использование новых машин для внесения удобрений в этот период позволило бы снизить потребление удобрений с 15,6 миллиона тонн до 14,9 миллиона тонн, что означало бы сокращение их объемов на 4,5% и экономию нескольких сотен миллионов евро. Машины для внесения удобрений принесли выгоду как фермерам, так и обществу в целом. Фермеры получают большую прибыль, чем прежде, а окружающей среде наносится меньший урон.

4.5 СЧЕТЧИКИ ТЕПЛА

Информационный контроль счетчиков тепла

Информационные решения, применяемые для счетчиков тепла, позволяют сократить текущие расходы ста миллионов человек, проживающих в Северной Европе, а также населения других холодных регионов мира.

Требования ЕС и процедуры оценки соответствия для счетчиков тепла урегулированы Директивой по средствам измерений 2004/22/ЕС (приложение MI-004 (MID)), в то время как контроль над эксплуатируемыми счетчиками тепла регламентируется национальным законодательством. Для определения потребления тепла теплосчетчик должен выполнять измерения трех параметров: расхода воды и температуры на входе и на выходе. Мониторинг соответствия счетчиков, находящихся в эксплуатации, в Дании осуществляется следующим образом: выборка в размере 10% от общего количества счетчиков калибруется раз в 3 года или 6 лет, в зависимости от результатов предыдущей калибровки. Для Дании, с ее пятимиллионным населением, расходы на эти цели оцениваются в 1,5 млн. евро.

Путем установки дополнительного датчика температуры и выходного расходомера обеспечивается возможность непрерывного контроля измерений разности температур и значений расхода. Эти дополнительные меры в совокупности с постоянным наблюдением снижают неопределенность результатов расчета потребления тепла. С учетом большей достоверности тепловых измерений количество счетчиков, изымаемых из эксплуатации для оценки их соответствия, было сокращено с прежних 10% до 0,3%. Рамки такого сокращения были определены с использованием специальной вероятностной модели, которая гарантирует аналогичный уровень надежности для контроля счетчиков тепла.

Снижение расходов на оценку соответствия в регионе со 100 миллионами населения оценивается в 30 млн. евро в год. Прочие преимущества, которые дает информационный подход, – это меньшее количество отказов в связи с необходимостью повторной установки меньшего количества счетчиков, меньшие помехи для пользователей и, как результат, лучшая защита потребителей.

4.6 БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Безопасна ли пища из креветок?

Важно понимать сущность измерений.

Два государства-члена ЕС импортировали замороженные креветки из третьих стран в рамках одной и той же поставки. Перед тем как пересечь границу ЕС, креветки были подвергнуты испытаниям на наличие остаточных количеств антибиотика – хлорамфеникола, способного вызывать рак и аллергические реакции. После надлежащего контроля в портах прибытия обоих государств они были допущены к ввозу на территорию одного из государств, тогда как в другом случае был получен отказ. Соответственно, партия креветок была уничтожена, что обошлось приблизительно в 1 млн. евро.

В порту первого государства-участника продовольственная инспекция воспользовалась методом жидкостной хроматографии (LC) с уровнем обнаружения 6 мкг/кг; в порту второго государства-участника продовольственная инспекция применяла более совершенный метод жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии (LC-MS), обеспечивающий уровень обнаружения 0,3 мкг/кг.

На тот момент не существовало обязательного верхнего предела значений (RML), установленного в регламенте ЕС 2377/90 по контролю остатков в продуктах питания, что в общем случае вело к использованию инспекционными органами принципа «нулевого допуска» – на практике это означало, что обнаружение остатков невозможно при помощи применяемого метода. Очевидно, что чем более эффективный метод обнаружения применяется, тем больше вероятность выявления остатков, и наоборот, чем хуже разрешение прибора, тем вероятнее, что никаких остатков не будет найдено, за исключением их чрезвычайно больших количеств. Таким образом, абсолютная шкала или предел для целей оценки соответствия просто отсутствует.

Данный пример показывает, что в вопросах безопасности продуктов питания и в некоторых других областях, одинаково важны как применяемый метрологический метод, так и используемая технология, и что во всех случаях необходимо наличие точно определенного верхнего предела для обеспечения эффективной, беспристрастной и единообразной защиты потребителя. Соответственно, проблемы, связанные с выполнением измерений, должны эффективно учитываться не только при проведении оценки соответствия, но и в процессе разработки законодательства.

4.7 ЛЕЧЕНИЕ РАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Решающая роль измерений в лечении рака

От 25% до 33% всех жителей Европы на каком-либо этапе своей жизни страдают от раковых заболеваний. Для лечения трети всех раковых пациентов применяется радиотерапия. Ключом к выздоровлению является подача в опухоль необходимой дозы радиоактивного излучения: если она слишком мала – лечение будет неэффективным, слишком высокая доза или неточное позиционирование излучения оказывают на пациента нежелательные и неприятные побочные эффекты. Следовательно, измерения дозы радиации, производимой медицинским оборудованием, способствуют развитию этого вида лечения.

Оборудование, используемое для создания пучков ионизирующего излучения при лечении рака, обладает рядом технических преимуществ, благодаря которым излучение теперь может подаваться узкими множественными пучками, обеспечивая очень точное наведение на опухоль и улучшая качество лечения. Тем не менее, новые типы медицинских установок не могут быть откалиброваны в соответствии с кодексами практики, действующими в Соединенном Королевстве, поскольку они не в состоянии воспроизвести контрольный пучок 10 см x 10 см, обычно требуемый для калибровки. Соответственно, существует потребность в новых прослеживаемых методах измерений для определения выходных характеристик нового оборудования, такого как установки для спиральной (геликоидальной) томотерапии, чтобы сделать возможным их соответствие стандартам, применяемым в отношении обычных средств радиотерапии.

Ученые из Национального метрологического института Великобритании осуществили разработку и валидацию новаторского метода калибровки выходных характеристик установок для томотерапии. Первоначально предназначенная для измерений доз излучения от промышленных установок аланиновая дозиметрия обеспечивает более высокую точность и пространственное разрешение по сравнению с теми, которых можно достигнуть при помощи стандартного оборудования. Это позволяет пациентам и медикам использовать современные технологии с большим доверием к безопасности, надежности и эффективности проводимого лечения.

4.8 ВЫБРОСЫ ОТ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Улучшенный контроль тепловой обработки компонентов реактивных двигателей позволяет снизить уровень выбросов от воздушных судов.

Высокотемпературная метрология страдает от недостатка исходных эталонов для значений температур, превышающих 1100 °С, что приводит к появлению больших значений неопределенности, чем достигаемые в диапазоне низких температур.

Многие производственные процессы и механизированные операции происходят при высоких значениях температуры. Поскольку вопросы энергоэффективности приобретают все большую актуальность, а новые технологические процессы при их внедрении требуют более жестких производственных допусков, потребность в повышенной точности высокотемпературных измерений также растет. Двигатели воздушных судов работают эффективнее и производят меньше выбросов, когда работают при высоких температурах, но для этого требуется обработка их компонентов при значениях температуры свыше 1300 °С. Если температура обработки слишком сильно отличается от оптимального значения, она может быть проведена некачественно и деталь будет отбракована. Процесс обработки контролируется температурными датчиками в виде термопар, калибруемыми с использованием материалов, для которых установлены точки плавления и замерзания, известные как реперные точки. До настоящего времени сложность представляло отсутствие реперных точек с низкой неопределенностью в диапазоне высоких температур.

Ряд НМИ по всему миру совместно осуществляют деятельность по подготовке и описанию характеристик нового типа эталонных реперных точек, основанных на использовании материала из смеси металла и графита, в сочетании известного как эвтектический металлографит. Ожидается, что с применением для этой цели различных материалов становится возможным создание новых эталонных реперных точек для значений температуры вплоть до 2500 °С. Испытания при температуре 1300 °С уже показали уменьшение неопределенности температурных датчиков на термопарах, используемых для контроля процессов тепловой обработки, до менее чем 1 °С, и НМИ сейчас проводят работу с производственными предприятиями с целью получения практического подтверждения своей концепции в условиях промышленной термической обработки.

4.9 ДИРЕКТИВА ПО СРЕДСТВАМ ЛАБОРАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ IN-VITRO (IVD)

Реализация положений Директивы IVD позволит добиться значительного сокращения расходов

Директива по средствам лабораторной диагностики in-vitro требует, чтобы анализы, выполняемые в лабораториях больничных учреждений и в медицинских клиниках, «являлись прослеживаемыми к эталонному методу или стандартному образцу более высокого порядка». В качестве одного из преимуществ полной реализации названной директивы выступает то обстоятельство, что она позволяет избежать ненужного повторения анализов, и это открывает пути для снижения затрат на здравоохранение из расчета 25 евро на человека или 125 млн. евро для страны с населением 5 млн.

Предположительно, стоимость избыточных медицинских анализов составляет от 15% до 33% общей стоимости медицинских лабораторных исследований. В современном обществе расходы на медицинские лабораторные исследования, как правило, равняются 7,9% стоимости медицинского обслуживания, а медицинское обслуживание – одной трети всех общих расходов на здравоохранение. Общие расходы на здравоохранение во многих странах являются весьма значительными, например, в Дании они составляют до 8,3% валового национального продукта.

В случае с Данией реализация Директивы IVD привела к снижению числа избыточных анализов. В то же время, на момент вступления в силу Директивы IVD 1 ноября 2003 г., отсутствовали необходимые метрологические знания и возможности для того, чтобы обеспечить прослеживаемость даже для значительной части из приблизительно 800 видов анализов, выполняемых в области клинической химии. Для координации целенаправленных действий по выполнению необходимых исследований в глобальном масштабе МКМВ был учрежден Объединенный комитет по лабораторной медицине, в который вошли представители всех заинтересованных областей промышленности, академической науки и национальных метрологических институтов. Для регистрации результатов их работы служит специальная база данных в составе KCDB.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ

Идея создания метрической системы единиц, базирующейся на определениях метра и килограмма, возникла во времена Французской революции. Именно тогда были созданы 2 платиновых исходных эталона, представляющих метр и килограмм соответственно. Они поступили на хранение во Французский национальный архив в Париже в 1799 г. и впоследствии стали известны под названиями архивного метра и архивного килограмма. Национальная ассамблея поручила Французской академии наук создание новой системы единиц, которая могла бы использоваться во всем мире, а в 1946 г. система MKSA (метр, килограмм, секунда, ампер) была принята странами Метрической конвенции. В 1954 г., MKSA расширилась, в нее были добавлены кельвин и кандела. В дальнейшем эту систему стали обозначать как Международную систему единиц, SI (SI – Le Système International d’Unités).

Система SI была утверждена в 1960 г. решением 11-й Генеральной конференции мер и весов (ГКМВ):

«Международная система единиц (SI) – это когерентная система единиц, утвержденная и рекомендованная ГКМВ».

На 14-й Генеральной конференции мер и весов в 1971 система SI была в очередной раз расширена за счет включения в нее моля в качестве основной единицы количества вещества. На сегодняшний день когерентная система SI образована семью основными единицами и рядом производных от них единиц. Помимо этого к использованию наравне с единицами SI допускаются некоторые другие единицы, не входящие в систему*.

В приведенных ниже таблицах (с 3 по 9) показаны следующие виды единиц:

Единицы SI

Таблица 3	Основные единицы SI
Таблица 4	Производные единицы SI, выраженные в основных единицах SI
Таблица 5	Производные единицы SI со специальными названиями и обозначениями
Таблица 6	Производные единицы SI, названия и обозначения которых включают специальные названия и обозначения производных единиц SI

Единицы, не входящие в систему SI

Таблица 7	Единицы, допущенные к применению ввиду их широкого использования
Таблица 8	Единицы, допущенные к применению в особых предметных областях
Таблица 9	Единицы, допущенные к применению в особых предметных областях, со значениями, которые были получены экспериментальным путем

**В Республике Беларусь с 01.01.2010 года действует технический регламент “Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь” (ТР 2007/003/ВУ).*

Таблица 3. Основные единицы SI [2]

Величина	Основная единица	Обозначение
длина	метр	m (м)*
масса	килограмм	kg (кг)
время	секунда	s (с)
электрический ток	ампер	A (А)
термодинамическая температура	кельвин	K (К)
количество вещества	моль	mol (моль)
сила света	кандела	cd (кд)

Таблица 4. Производные единицы SI, выраженные в основных единицах SI [2]

Производная величина	Производная единица	Обозначение
площадь	квадратный метр	m ² (м ²)
объем	кубический метр	m ³ (м ³)
скорость	метр в секунду	m · s ⁻¹ (м · с ⁻¹)
ускорение	метр на секунду в квадрате	m · s ⁻² (м · с ⁻²)
угловая скорость	радиан в секунду	rad · s ⁻¹ (рад · с ⁻¹)
угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	rad · s ⁻² (рад · с ⁻²)
плотность	килограмм на кубический метр	kg · m ⁻³ (кг·м ⁻³)
интенсивность магнитного поля, (плотность линейного тока)	Ампер на метр	A · m ⁻¹ (А·м ⁻¹)
плотность электрического тока	Ампер на кубический метр	A · m ⁻² (А·м ⁻²)
момент силы	ньютон-метр	N · m (Н·м)
напряженность электрического поля	Вольт на метр	V · m ⁻¹ (В·м ⁻¹)
проницаемость	генри на метр	H · m ⁻¹ (Гн·м ⁻¹)
диэлектрическая проницаемость	фарад на метр	F · m ⁻¹ (Ф·м ⁻¹)
удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	J · kg ⁻¹ · K ⁻¹ (Дж·кг ⁻¹ ·К ⁻¹)
количество вещества концентрация	моль на кубический метр	mol · m ⁻³ (моль · м ⁻³)
яркость	кандела на квадратный метр	cd · m ⁻² (кд·м ⁻²)

m(м) – в латинском алфавите (в кириллице)

5.1. ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ SI

Основная единица – это единица измерения основной величины в заданной системе величин [4]. Определение и средства воспроизведения любой основной единицы в системе SI могут измениться, если метрологические исследования выявят возможность ее более точного определения и воспроизведения.

Пример: В 1889 г. определение метра базировалось на иридиево-платиновом международном прототипе, находящемся в Париже. В 1960 г. значение метра было переопределено как 1 650 763,73 длин волны характерной спектральной линии излучения атома криптона-86. Все эти уточнения позволили сократить относительную неопределенность с 10^{-7} м до 10^{-11} м.

Определения основных единиц SI

Метр – это длина пути, проходимого светом в вакууме в течение интервала времени, равного $1/299\,792\,458$ секунды.

Килограмм – это эквивалент массы международного прототипа килограмма.

Секунда – это время, равное 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Ампер – это сила постоянного тока, который при прохождении по двум параллельным прямоугольным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенными в вакууме на расстоянии 1 метр друг от друга заставил бы эти проводники взаимодействовать с силой 2×10^{-7} Н на 1 метр длины.

Кельвин – это единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ температуры тройной точки воды.

Моль – это количество вещества в системе, насчитывающей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в 0,012 кг углерода-12. При использовании обозначения моля необходимо указывать тип таких структурных единиц, в качестве которых могут выступать атомы, молекулы, ионы, электроны, другие частицы или определенные группы таких частиц.

Кандела – это сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540×10^{12} Гц, энергетическая сила которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

Таблица 5. Производные единицы SI со специальными названиями и обозначениями [2]

ПРОИЗВОДНАЯ ВЕЛИЧИНА	ПРОИЗВОДНАЯ ЕДИНИЦА SI Специальное наименование	ОБОЗНАЧЕНИЕ Специальное обозначение	В ЕДИНИЦАХ SI	В ОСНОВНЫХ ЕДИНИЦАХ SI
плоский угол	радиан	rad (рад)		$m \cdot m^{-1} = 1$ ($m \cdot m^{-1} = 1$)
телесный угол	стерадиан	sr (ср)		$m^2 \cdot m^{-2} = 1$ ($m^2 \cdot m^{-2} = 1$)
частота	герц	Hz (Гц)		$s^{-1} (c^{-1})$
сила	ньютон	N (Н)		$m \cdot kg \cdot s^{-2} (m \cdot kg \cdot c^{-2})$
давление, механическое напряжение	паскаль	Pa (Па)	$N/m^2 (H / m^2)$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$ ($m^{-1} \cdot kg \cdot c^{-2}$)
энергия, работа, количество тепла	джоуль	J (Дж)	$N \cdot m$ ($H \cdot m$)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$ ($m^2 \cdot kg \cdot c^{-2}$)
мощность, поток излучения	Ватт	W(Вт)	J/s (Дж/с)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$ ($m^2 \cdot kg \cdot c^{-3}$)
электрический разряд, количество электричества	кулон	C (Кл)		$s \cdot A (c \cdot A)$
разность электрических потенциалов электродвижущая сила	вольт	V (В)	V/A (В/А)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ ($m^2 \cdot kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-1}$)
электрическая емкость	фарад	C / V F (Ф)	Кл/В	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$ ($m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot c^4 \cdot A^2$)
электрическая емкость	ом	Ω (Ом)	V/A (В/А)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$ ($c^2 \cdot kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-2}$)
электрическая проводимость	сименс	S (См)	A/V (А/В)	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$ ($m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot c^3 \cdot A^2$)
магнитный поток	вебер	Wb (Вб)	$V \cdot s$ (В · с)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ ($m^2 \cdot kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-1}$)
магнитная индукция	тесла	T (Тл)	Wb/m^2 (Вб/м ²)	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ ($kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-1}$)
индуктивность	генри	H (Гн)	Wb/A (Вб/А)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$ ($m^2 \cdot kg \cdot c^{-2} \cdot A^{-2}$)
температура по Цельсию	Градус Цельсия	°C		K (К)
световой поток	люмен	lm (Лм)	$cd \cdot sr$ кд · ср	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$ ($m^2 \cdot m^{-2} \cdot кд = кд$)
освещенность	люкс	lx (Лк)	lm/m^2 (лм/м ²)	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$ ($m^2 \cdot m^{-4} \cdot кд = м^{-2} \cdot кд$)
активность (радионуклидов)	беккерель	Bq (Бк)		$s^{-1} (c^{-1})$
поглощенная доза, керма, показатель поглощенной дозы	грей	Gy (Гр)	J/kg (Дж/кг)	$m^2 \cdot s^{-2} (m^2 \cdot c^{-2})$
эквивалентная доза излучения	зиверт	Sv(Зв)	$J/kg (Дж/кг)$	$m^2 \cdot s^{-2} (m^2 \cdot c^{-2})$
каталитическая активность	каталь	kat (кат)		$s^{-1} \cdot mol (c^{-1} \cdot моль)$

5.2 ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ SI

Производная единица – это единица измерения производной величины в заданной системе величин [4].

Производные единицы SI выводятся из основных единиц SI в соответствии с физической связью между величинами.

Пример: Из физической связи между величиной длины, измеряемой в единице «м», и величиной времени, измеряемой в единице «с», может быть выведена величина скорости, измеряемая в единице «м/с».

Производные единицы выражаются в основных единицах с использованием математических символов умножения и деления. Примеры даны в Таблице 4.

ГКМВ утвердила особые названия и обозначения для некоторых производных единиц, как показано в таблице 5.

Как показано в таблице 6, некоторые основные единицы служат для представления разных величин. Производная единица часто может быть выражена различными комбинациями: 1) основных единиц, 2) производных единиц со специальными названиями. На практике предпочтение отдается специальным названиям и комбинациям единиц для различения совпадающих величин. Соответственно, средство измерений должно отображать как единицу, так и измеряемую величину.

Таблица 6: Производные единицы SI, названия и обозначения которых включают специальные названия и обозначения производных единиц SI

ПРОИЗВОДНАЯ ВЕЛИЧИНА	ПРОИЗВОДНАЯ ЕДИНИЦА	ОБОЗНАЧЕНИЕ	В ОСНОВНЫХ ЕДИНИЦАХ SI
динамическая вязкость	паскаль-секунда	Pa · s (Па · с)	$\text{m}^1 \cdot \text{kg} \cdot \text{c}^{-1}$ ($\text{m}^1 \cdot \text{кг} \cdot \text{c}^{-1}$)
момент силы	ньютон-метр	N · m (Н · м)	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{c}^{-2}$)
поверхностное натяжение	ньютон на метр	N/m (Н/м)	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$ ($\text{кг} \cdot \text{c}^{-3}$)
угловая скорость	радиан в секунду	rad/s (рад/с)	$\text{m} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = \text{s}^{-1}$ ($\text{м} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{c}^{-1} = \text{c}^{-1}$)
угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	rad/s ² (рад/с ²)	$\text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{s}^{-2}$ ($\text{м} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{c}^{-2} = \text{c}^{-2}$)
плотность теплового потока, энергетическая освещенность	ватт на квадратный метр	W/m ² (Вт/м ²)	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$ ($\text{кг} \cdot \text{c}^{-3}$)
удельная теплоемкость, удельная энтропия	джоуль на кельвин	J/K(Дж/К)	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{c}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
удельная теплоемкость, удельная энтропия	джоуль на килограмм-кельвин	J/(kg·K) (Дж/(кг·К))	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{c}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
удельная энергия	джоуль на килограмм	J/kg(Дж/кг)	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{c}^{-2}$)
удельная теплопроводность	Ватт на метр-кельвин	W/(м·К) (Вт/(м·К))	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$ ($\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{c}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$)
плотность энергии	джоуль на кубический метр	J/m ³ (Дж/м ³)	$\text{m}^1 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ ($\text{m}^1 \cdot \text{кг} \cdot \text{c}^{-2}$)
напряженность электрического поля	вольт на метр	(V/m) В/м	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ ($\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$)
плотность электрического разряда	Кулон на кубический метр	C/m ³ (Кл/м ³)	$\text{m}^{-3} \cdot \text{s} \cdot \text{A}$ ($\text{м}^{-3} \cdot \text{с} \cdot \text{A}$)
поверхностная плотность заряда, электрическая индукция, электрическое смещение	кулон на квадратный метр	C/m ² (Кл/м ²)	$\text{m}^{-2} \cdot \text{s} \cdot \text{A}$ ($\text{м}^{-2} \cdot \text{с} \cdot \text{A}$)
диэлектрическая проницаемость	фарад на метр	F/m(Ф/м)	$\text{m}^{-3} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$ ($\text{м}^{-3} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{A}^2$)
проницаемость	генри на метр	H/m(Гр/м)	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$ ($\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$)
молярная энергия	джоуль на моль	J/mol (Дж/моль)	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{моль}^{-1}$)
молярная энтропия, молярная теплоемкость	джоуль на моль-кельвин	J/(mol·K) (Дж/(моль·К))	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$)
облучение (рентгеновское и гамма излучение)	кулон на килограмм	C/kg Кл/кг	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{A}$ ($\text{кг}^{-1} \cdot \text{с} \cdot \text{A}$)
мощность поглощенной дозы	грей в секунду	Gy/s(Гр/с)	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{c}^{-3}$)
энергетическая сила света	ватт настерадиан	W/sr(Вт/ср)	$\text{m}^4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$ $= \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$ ($\text{м}^4 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$)
каталитическая (активность) концентрация	каталь на кубический метр	kat/m ³ (кат/м ³)	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mol}$ ($\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}$)

5.3 ЕДИНИЦЫ ВНЕ СИСТЕМЫ SI

В таблице 7 приведены названия единиц, не входящих в систему SI, но допускаемых к применению наравне с единицами SI по причине своего широкого распространения или регулярного использования в определенных предметных областях.

В таблице 8 приведены примеры единиц, не входящих в систему SI, но допускаемых к применению в определенных предметных областях.

таблица 9 содержит названия единиц, не входящих в состав SI, но допускаемых к применению в определенных предметных областях, со значениями, определенными экспериментальным путем.

Суммарная неопределенность (коэффициент охвата $k=1$) в последних двух разрядах числа указана в скобках.

Таблица 7. Внесистемные единицы, допускаемые к применению [2]

	Единица	Обозначение	Значение в единицах SI
время	минута	min (мин)	1 мин = 60 с
	час	h (ч)	1 ч = 60 мин = 3600 с
	день	d (д)	1 д = 24 ч
плоский угол	градус	°	1° = ($\pi/180$) рад
	минута	'	rad 1' = (1/60)° = ($\pi/10\,800$) рад
	секунда	''	rad 1'' = (1/60)' = ($\pi/648\,000$) рад
	град	gon (град/гон)	1 гон = ($\pi/200$) рад
	гектар	ha (га)	1 га = 1 гм ² = 10 ⁴ м ²
объем	литр	l, L (л)	1 дм ³ = 10 ⁻³ м ³
масса	тонна	t (т)	1 т = 10 ³ кг

Таблица 8. Внесистемные единицы, допускаемые к применению в определенных предметных областях [2]

Величина	Единица	Обозначение	Значение в единицах SI
давление	бар	bar (бар)	1 бар = 100 кПа = 10^5 Па
давление жидкостей в теле человека	Миллиметры ртутного столба	mmHg (мм р.с.)	1 мм р.с. $\approx$ 133 322 Па
длина	ангстрем	$\text{\AA}$	1 = 0,1 нм = 10^{-10} м
расстояние	Морская миля	M	1 морская миля = 1852 м
площадь (поперечного сечения)	барн	b (б)	1 б = 10^{-28} м ²
скорость	узел	kn	1 узел = (1852/3600) м/с

Таблица 9. Внесистемные единицы, допускаемые к применению в специальных предметных областях, со значениями, определенными экспериментальным путем

Величина	Единица	Обозначение	Определение	В единицах SI
энергия	электрон-вольт	eV (эВ)	1 эВ – это кинетическая энергия электрона, приобретенная электроном при прохождении через разность 1 В в вакууме.	1 эВ = 1.602 176 53 (14) · 10^{-19} Дж
масса	единица атомной массы	u	1 единица атомной массы соответствует 1/13 массы покоя нейтрального атома углерода нуклида ¹² C в основном состоянии.	1 единица атомной массы = 1.660 538 86 (28) · 10^{-27} кг
длина	астрономическая единица	ua (а.е.)		1 астрономическая единица = 1.495 978 706 91 (6) · 10^{11} м

5.4 ПРЕФИКСЫ SI

ГКМВ были приняты и рекомендованы к использованию ряд префиксов и обозначений префиксов, как показано в таблице 10.

Правила корректного использования префиксов:

1. Префиксы применяются только для степеней в десятичной системе (а не двоичной и т.д.).

Пример: Килобит – это 1000 бит, а не 1024 бит

2. Префикс и обозначение измеряемой единицы пробелом не разделяются.

Пример: Сантиметр записывается как “см”, а не “с м”

3. Сочетания нескольких префиксов не допускаются.

Пример: 10^{-6} кг записывается как “1 мкг”, а не “1 мккг”

4. Без обозначения единицы измерения префиксы не употребляются.

Пример: $10^9/\text{м}^3$ не следует записывать как Г/м³

Таблица 10: Префиксы SI [2]

МНОЖИТЕЛЬ	ПРЕФИКС	ОБОЗНАЧЕНИЕ	МНОЖИТЕЛЬ	ПРЕФИКС	ОБОЗНАЧЕНИЕ
10^1	дека	da (да)	10^{-1}	деци	d (д)
10^2	гекто	h (г)	10^{-2}	санتي	c (с)
10^3	кило	k (к)	10^{-3}	милли	m (м)
10^6	мега	M (М)	10^{-6}	микро	μ (мкм)
10^9	гига	G (Г)	10^{-9}	нано	n (н)
10^{12}	тера	T (т)	10^{-12}	пико	p
10^{15}	пета	P (П)	10^{-15}	фемто	f (ф)
10^{18}	экса	E (э)	10^{-18}	атто	a (а)
10^{21}	зетта	Z (З)	10^{-21}	zepto	z (з)
10^{24}	йотта	Y (Й)	10^{-24}	йокто	y (й)

5.5 ЗАПИСЬ НАЗВАНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ ЕДИНИЦ SI

1. Обозначения единиц обычно пишутся со строчной буквы, тем не менее, первая буква обозначения заглавная если:

- 1) название единицы происходит от имени человека,
- 2) обозначение стоит в начале предложения

Пример: Единица Кельвин обозначается как К.

2. В английском языке обозначения не изменяются по числам – окончание «s» к ним не добавляется.

3. После обозначений не ставится точка, за исключением тех случаев, когда они находятся в конце предложения.

4. Для передачи комбинированных единиц, получаемых путем умножения, используются приподнятая точка или пробел.

Пример: N·m (Н·м) или N m (Н м)

5. Для передачи комбинированных единиц, получаемых делением, используются косая черта или отрицательный показатель степени.

Пример: m/s (м/с) или $m \cdot s^{-1}$ ($м \cdot с^{-1}$)

6. Комбинированные единицы должны включать только одну косую черту. Допускается использование скобок или отрицательного показателя степени для сложных сочетаний единиц.

Пример: m/s^2 ($м/с^2$) или $m \cdot s^{-1}$ ($м \cdot с^{-1}$), но не $м/с/с$

Пример: $m \cdot kg/(s^3 \cdot A)$ ($м \cdot кг/(с^3 \cdot А)$) или $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ ($м \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-1}$),

но не $м \cdot кг/с^3/А$ ($м \cdot кг/с^3/А$) или $м \cdot кг/с^3 \cdot А$ ($м \cdot кг/с^3 \cdot А$)

7. Обозначения должны отделяться от числового значения пробелом.

Пример: 5 kg (5 кг), но не 5kg (5кг)

8. Не следует смешивать обозначения и названия единиц.

ЦИФРОВАЯ ЗАПИСЬ

1. Пробел ставится между группами из 3 цифр справа и слева от десятичного разделителя (15 739,012 53). В четырехзначных числах пробел может быть опущен. Для отделения тысяч не следует использовать запятые.

2. Математические операции должны записываться только с использованием обозначений единиц (kg/m^3 (кг/м^3)), но не их названий (килограмм/кубический метр).

3. Должно быть ясно к какой из используемых единиц относится числовое значение и какие математические операции следует выполнять.

Примеры: 35 cm x 48 cm (35 см x 48 см), а не 35 x 48 cm (35 x 48 см)

100 g $\pm$ 2 g (100 г $\pm$ 2 г), а не 100 $\pm$ 2 g (100 $\pm$ 2 г)

6. СЛОВАРЬ

[x] указывает на ссылку с соответствующим номером в главе 8.

Accredited laboratory (аккредитованная лаборатория) – лаборатория, техническая компетентность, соответствие применяемой системы качества и независимость которой подтверждены третьей стороной. См. раздел 3.1.5.

Accuracy class (класс точности) – класс средств измерений, которые отвечают определенным метрологическим требованиям, направленным на обеспечение погрешностей в установленных пределах в заданных условиях. [4]

Accuracy of a measuring instrument (точность средства измерений) – способность средства измерений давать показания, близкие к истинному значению измеряемой величины. [4]

Accuracy of measurement (точность измерения) – близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины. [5]

Adjustment of a measuring instrument (регулировка средства измерений) – совокупность операций, которые применяются к измерительной системе для того, чтобы обеспечить требуемые показания, соответствующие заданным значениям величины, подлежащей измерению. [4]

AFRIMETS (Intra-Africa Metrology System) – Внутриафриканская метрологическая система, см. раздел 3.5.1.

APEC – Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество.

APLAC – Азиатско-Тихоокеанское сотрудничество по аккредитации лабораторий, см. раздел 3.4.2.

APLMF – Азиатско-тихоокеанский форум по законодательной метрологии 3.4.3.

APMP – Азиатско-тихоокеанская метрологическая программа, см. раздел 3.4.1.

Artefact (артефакт) – предмет материальной культуры, изготовленный руками человека. Примерами артефактов, созданных для выполнения измерений, служат гиря и мерная рейка.

Base quantity (основная величина) – одна из величин, входящих в некоторую систему величин и принятых условно в качестве функционально независимых друг от друга. [4]

Base unit (основная единица) – единица измерения основной величины в данной системе величин. [4]

BEV (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen) (Федеральная служба метрологии и геодезии) – национальный метрологический институт Австрии.

BIM (Bulgarian Institute for Metrology) – Болгарский институт метрологии. Национальный метрологический институт Болгарии.

BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) (МБМВ) – Международное бюро мер и весов, см. раздел 3.1.1.

BIPM key comparison database – база данных МБМВ по ключевым сличениям (также называемая KCDB), см. раздел 3.1.2.

BOM (Bureau of Metrology) – Бюро метрологии. Национальный метрологический институт Бывшей Югославской Республики Македония.

Calibration certificate (сертификат калибровки) – результат калибровки можно записать в документе, который называется иногда сертификатом калибровки или протоколом калибровки. [5]

Calibration history measuring equipment (история калибровки измерительного оборудования) – полностью зафиксированные результаты калибровок части измерительного оборудования или измерительного артефакта на протяжении длительного периода вре-

мени для долгосрочной оценки стабильности измерительного прибора, артефакта или измерительной системы.

Calibration interval (интервал калибровки) – промежуток времени между двумя последовательными калибровками средства измерений.

Calibration report (протокол калибровки) – результат калибровки можно записать в документе, который называется иногда сертификатом калибровки или протоколом калибровки. [5]

Calibration (калибровка) – совокупность операций, устанавливающих в заданных условиях соотношения между значениями величин с сопутствующими им неопределенностями измерения, показанными средством измерений, измерительной системой или испытываемым образцовым веществом, или значениями, представленными эталоном или сертифицированным стандартным образцом, и соответствующими значениями, воспроизводимыми эталонами или сертифицированными стандартными образцами. [4]

CCAUV (Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibrations) – Консультативный комитет по акустике, ультразвуку и вибрации. Учрежден в 1998 г.

CCEM (Consultative Committee for Electricity and Magnetism) – Консультативный комитет по электричеству и магнетизму. Учрежден в 1927 г.

CCL (Consultative Committee for Length) – Консультативный комитет по измерениям длины. Учрежден в 1952 г.

CCM (Consultative Committee for Mass and related quantities) – Консультативный комитет по измерениям массы и связанных величин. Учрежден в 1980 г.

CCPR (Consultative Committee for Photometry and Radiometry) – Консультативный комитет по фотометрии и радиометрии Учрежден в 1933 г.

CCQM (Consultative Committee for Amount of Substance) – Консультативный комитет по количеству вещества. Учрежден в 1993 г.

CCRI (Consultative Committee for Ionising Radiation) – Консультативный комитет по ионизирующим излучениям. Учрежден в 1958 г.

CCT (Consultative Committee for Thermometry) – Консультативный комитет по термометрии. Учрежден в 1937 г.

CCTF (Consultative Committee for Time and Frequency) – Консультативный комитет по времени и частоте. Учрежден в 1956 г.

CCU (Consultative Committee for Units) – Консультативный комитет по единицам измерения. Учрежден в 1964 г.

CEM (Centro Español de Metrología) – Испанский центр метрологии, национальный институт метрологии Испании.

CE-mark (Знак CE) – см. раздел 2.2.3.

CEN (Comité Européene de Normalisation) – Европейская организация по стандартизации.

CGPM (Conférence Générale des Poids et Mesures) (ГКМБ) – Генеральная конференция мер и весов. Впервые собрана в 1889 г., собирается каждые 4 года. См. раздел 3.1.1.

CIPM (Comité International des Poids et Mesures) (МКМБ) – Международный комитет мер и весов. См. раздел 3.1.1.

CIPM MRA (see Mutual Recognition Arrangement) (МКМБ) – см. Договоренность о взаимном признании МКМБ.

CMC (Calibration and Measurement Capabilities) – калибровочные и измерительные возможности, см. раздел 3.1.2.

CMI (Czech Metrology Institute) – Чешский метрологический институт. Национальный метрологический институт Чешской Республики.

Compound standard (групповой эталон) – совокупность однородных материальных мер или измерительных приборов, путем совместного применения которых реализуется эталон.

Conformity assessment (оценка соответствия) – деятельность, позволяющая подтвердить выполнение требований, предъявляемых к продукции, процессу, лицу или организации, а именно: испытания, инспекционный надзор, сертификация продукции, персонала и систем управления.

Conventional value of a quantity (условное значение величины) – значение, приписываемое по договоренности некоторой величине для использования с определенной целью, например, «стандартное ускорение свободного падения». [4]

Correction factor (поправочный множитель) – коэффициент, на который умножают неисправленный результат измерения для исключения влияния систематической погрешности. [5]

Correction value (поправочное значение) – значение, которое алгебраически суммируется с неисправленным результатом измерений для исключения влияния систематической погрешности. [5]

Coverage factor (коэффициент охвата) – число, большее единицы, на которое умножается значение комбинированной стандартной неопределенности для получения значения расширенной неопределенности измерения, см. раздел 2.1.7.

CRM (Certified Reference Material) (CCO) – сертифицированный стандартный образец. Стандартный образец, к которому прилагается сертификат, выданный компетентным органом, и который имеет одно или более известных значений свойств с соответствующей доверительной вероятностью и подтвержденной прослеживаемостью, установленными с применением надлежащей методики.

Dead band (зона нечувствительности) – максимальный диапазон, внутри которого значение измеряемой величины может изменяться в обоих направлениях, не вызывая заметного изменения в соответствующих показаниях средства измерений. [4]

Derived quantity (производная величина) – величина, которая в системе величин определена через основные величины этой системы. См. раздел 5.2. [4]

Derived unit (производная единица) – единица измерения производной величины. См. раздел 5.2. [4]

Designated institute (назначенный институт) – институт, уполномоченный соответствующим НМИ или правительством для хранения определенных национальных эталонов и, как правило, принимающий участие в CIPM MRA. См. раздел 3.1.4.

Detector (детектор, индикатор) – устройство или вещество, которое указывает на наличие явления, тела или вещества, когда превышает пороговое значение соответствующей величины, например, лакмусовая бумага. [4]

Deviation (отклонение) – разность между действительным и опорным значениями величины. [5]

DFM (Danish Fundamental Metrology) – Датский институт фундаментальной метрологии. Национальный метрологический институт Дании.

Drift (дрейф) – непрерывное или пошаговое изменение показаний во времени, вызванное изменениями метрологических характеристик средства измерений, измерительной системы или стандартного образца. [4]

DMDM (Directorate of Measures and Precious Metals) – Национальный центр по измерениям и ценным металлам. Национальный метрологический институт Сербии.

DPM (General Directorate of Metrology) – Генеральная дирекция по метрологии. Национальный метрологический институт Албании.

DZM (State Office for Metrology) – Государственный офис по вопросам метрологии. Национальный метрологический институт Хорватии.

EA (European cooperation for Accreditation) – Европейское сотрудничество по аккредитации – организация, образованная путем слияния EAL (European Cooperation for Accreditation of Laboratories – Европейского сотрудничества по аккредитации лабораторий) и EAC (European Accreditation of Certification – Европейской организации по аккредитации органов сертификации) в ноябре 1997. См. раздел 3.2.2.

EAC – см. EA.

EAL – см. EA.

EC initial verification (первичная поверка ЕС) – см. раздел 2.2.2.

EC type approval (утверждение типа ЕС) – см. раздел 2.2.2.

EIM (Hellenic Institute of Metrology) – Греческий институт метрологии. Национальный институт метрологии Греции.

e-mark (знак «е») – см. раздел 2.2.3.

EPTIS (European Proficiency Testing Information System) – Европейская информационная система по проверке квалификации на качество проведения испытаний – см. ссылку в разделе 7.

Error (for a measuring instrument), maximum permissible (Погрешность (средства измерений), максимально допускаемая) – крайнее значение погрешности измерения относительно известного опорного значения величины, разрешенное техническими условиями, регламентами и т.п. для данного измерения, средства измерений или измерительной системы. [4]

Error, systematic (Погрешность, систематическая) – составляющая погрешности измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях. [4]

Eurachem – см. раздел 3.2.5.

EURAMET (European Association of National Metrology Institutes) (Европейская ассоциация национальных метрологических институтов) – см. раздел 3.2.1.

EUROLAB – добровольное сотрудничество между испытательными и калибровочными лабораториями в Европе, см. раздел 3.2.4.

Fundamental Metrology (теоретическая метрология) – см. Metrology, fundamental.

General Conference on weights and measures (Генеральная конференция мер и весов) – см. CGPM.

GLP (Good Laboratory Practice) – надлежащая лабораторная практика органы по аккредитации выполняют аккредитацию лабораторий в соответствии с правилами надлежащей лабораторной практики ОЭСР.

GUM (Central Office of Measures) – Главное управление мер. Национальный метрологический институт Польши.

GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) – Руководство по выражению неопределенности в измерениях. Опубликовано МБМВ, МЭК, IFCC (Международной федерацией клинической химии) ILAC, ИСО, IUPAC, IUPAP и МОЗМ. [6]

GUM method – метод GUM, см. раздел 2.1.7.

Henri Tudor CRP (Генри Тюдор) – Национальный институт метрологии Люксембурга.

History, measuring equipment (история, метрологического оборудования) – см. Calibration history.

IEC (International Electrotechnical Commission) – Международная электротехническая комиссия.

ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) – Международное сотрудничество по аккредитации лабораторий, ИЛАК – см. раздел 3.1.7.

IMBiH (Institute of Metrology of Bosnia and Herzegovina) – Институт метрологии Боснии и Герцеговины. Национальный метрологический институт Боснии и Герцеговины.

Indication (of a measuring instrument) (показание (средства измерений) – значение (измеряемой) величины, полученное с помощью средства измерений.

Influence quantity (Влияющая величина) – величина, которая при прямом измерении не влияет на фактически измеряемую величину, но влияет на соотношение между показанием и результатом измерения. [4]

INM (National Institute of Metrology) – Национальный институт метрологии. Национальный институт метрологии Румынии.

INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) – Национальный институт метрологических исследований. Национальный метрологический институт Италии.

Instrument constant (инструментальная постоянная) – коэффициент, на который должно быть умножено прямое показание средства измерений для получения измеряемой величины или величины, которая должна быть использована для расчета значения измеряемой величины. [5]

International measurement standard (международный эталон) – эталон признанный участниками международного соглашения и предназначенный для того, чтобы действовать во всем мире, например международный прототип килограмма. [4]

IPQ (Instituto Português da Qualidade) – Португальский институт качества. Национальный метрологический институт Португалии.

IRMM (Institute for Reference Materials and Measurements) – Институт стандартных образцов и измерений. Институт Объединенного исследовательского центра при Европейской Комиссии.

ISO (International Organization for Standardization) – Международная организация по стандартизации.

IUPAC (The International Union of Pure and Applied Chemistry) – Международный союз чистой и прикладной химии – см. раздел 3.1.10.

IUPAP (The International Union of Pure and Applied Physics) – Международный союз чистой и прикладной физики – см. раздел 3.1.9.

Joint Committees of the BIPM (Объединенные комитеты МБМВ) – см. раздел 3.1.1.

JV (Justervesenet, the Norwegian Metrology Service) – Норвежская метрологическая служба. Национальный метрологический институт Норвегии.

KCDB BIPM (Key comparison database) – База данных по ключевым сличениям МБМВ – см. раздел 3.1.2.

Legal metrology (законодательная метрология) - см. Metrology, legal.

LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais) – Национальная лаборатория метрологии и испытаний. Национальный метрологический институт Франции.

LNMC (State Agency Latvian National Metrology Centre) – Государственное агентство Латвийский национальный центр метрологии. Национальный метрологический институт метрологии Латвии.

Maintenance of a measurement standard (хранение эталона, техническое обслуживание эталона) – совокупность операций, необходимых для сохранения метрологических характеристик эталона в установленных пределах. [4]

Market surveillance (надзор за рынком) – способ реализации законодательной метрологии, см.раздел 2.2.3.

Material measure (материальная мера) – средство измерений, которое воспроизводит или хранит, постоянно в течение его применения, величины одного или более данных родов, каждая из которых имеет приписанное значение, например, эталонная гиря мера объема, концевая мера длины или сертифицированный стандартный образец. [4]

Maximum permissible error (of a measuring instrument), (максимально допускаемая погрешность (средства измерений)) – крайнее значение погрешности измерения относительно известного опорного значения величины, разрешенное техническими условиями, регламентами и т.п. для данного измерения, средства измерений или измерительной системы. [4]

MBM (Montenegrin Bureau of Metrology) – Черногорское бюро метрологии. Национальный метрологический институт Черногории.

Measurand (измеряемая величина) – величина, подлежащая измерению. [4]

Measure, material (мера, материальная) – см. material measure [4]

Measurement (измерения) – процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине. Совокупность операций для определения значения величины. [4]

Measurement error (погрешность измерения) – измеренное значение минус опорное значение величины. [4]

Measurement error, absolute (погрешность измерения, абсолютная) – если необходимо отличить «погрешность» от «относительной погрешности», то первая иногда называется абсолютной погрешностью измерения». [5]

Measurement procedure (методика измерений, процедура измерений) – детальное описание измерения в соответствии с одним или более принципами измерений и данным методом измерений, которое основано на модели измерения и включает вычисления, необходимые для получения результата измерения. [4]

Measurement result (результат измерения) – набор значений величины, которые приписываются измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией. [4]

Measurement standard, etalon (эталон) – реализация определения данной величины с установленным значением величины и связанной с ним неопределённостью измерения, используемая в качестве опорной. Эта реализация может обеспечиваться измерительной системой, материальной мерой или стандартным образцом. [4]

International measurement standard (международный (измерительный) эталон) – эталон признанный участниками международного соглашения и предназначенный для того, чтобы действовать во всем мире, например международный прототип килограмма. [4]

Measurement standard, maintenance (хранение эталона, техническое обслуживание эталона) – совокупность операций, необходимых для сохранения метрологических характеристик эталона в установленных пределах. [4]

Measurement standard, national (эталон, национальный) – эталон, признанный национальными органами власти для использования в государстве или хозяйственной деятельности в качестве основы для приписывания значений величины другим эталонам для данного рода величины. [4]

Measurement unit (единица измерения) – действительная скалярная величина, определенная и принятая по соглашению, с которой может сравниваться любая другая величина того же рода, чтобы выразить отношение этих двух величин в виде числа. [4]

Measuring chain (измерительная цепь) – последовательность элементов измерительной системы, которая образует единый путь сигнала от датчика до выходного элемента. [4]
Measuring instrument (средство измерений) – устройство, используемое для выполнения измерений, в том числе в сочетании с одним или несколькими дополнительными устройствами. [4]

Measuring range (диапазон измерений) – совокупность значений измеряемой величины, для которых погрешность средства измерений предполагается находящейся в установленных пределах. [3]

Measuring system (измерительная система) – набор из одного или более средств измерений, а часто и других устройств, включающий, при необходимости, реактивы или источники питания, собранный и приспособленный для получения информации об измеренных значениях в пределах установленных интервалов для величин указанного рода. [4]

Measuring unit, off-system (единица измерения, внесистемная) – единица измерения, которая не принадлежит данной системе единиц. [4]

MEDA (MEsures D'Accompagnement) – Сопутствующие меры.

MEDA countries (страны MEDA): Алжир, Кипр, Египет, Иордания, Израиль, Ливан, Мальта, Марокко, Палестинская автономия, Сирия, Тунис и Турция.

METAS (Federal Office of Metrology) – Федеральное бюро метрологии. Национальный метрологический институт Швейцарии.

Method of measurement (метод измерений) – общее описание последовательности операций при измерениях. [4]

Metre Convention (Метрическая конвенция) – международное дипломатическое соглашение, заключенное в 1873 г. В интересах создания единой глобальной системы единиц измерения. По состоянию на 2008 г. в Конвенции принимало участие 51 государство. См. раздел 3.1. 1.

Metric system (метрическая система) – система измерений, основанная на метре, килограмме и других базовых единицах. Впоследствии трансформировалась в систему единиц SI. См. раздел 4.

Metrological subject field (предметная область метрологии) – метрология делится на 11 предметных областей. См. раздел 2.1.1.

Metrology (метрология) – от греческого «metron» – измерение. Наука об измерениях и их применении. [4]. См. раздел 1.1.

Metrology, fundamental (метрология, фундаментальная) – для термина «фундаментальная метрология» нет международного определения, однако данное выражение используется для обозначения наивысшего уровня точности измерений в пределах данной дисциплины. См. раздел 1.2.

Metrology, industrial (метрология промышленная) – обеспечивает надлежащее функционирование средств измерений, применяемых в промышленности, а также в производственных и испытательных процессах.

Metrology, legal (законодательная метрология) – обеспечивает точность и достоверность результатов измерений в условиях, когда измеряемые значения могут иметь отношение к здоровью и безопасности человека или к прозрачности финансовых операций, например как в случае с мерами и весами. См. раздел 2.2.

Metrology, scientific (метрология, научная) – ориентирована на организацию, разработку и поддержание эталонов. См. раздел 1.2.

Metrosert AS Metrosert – Национальный метрологический институт Эстонии.

MID (The Measuring Instruments Directive) (Директива по средствам измерений) – см. раздел 2.2.2.

MIKES (Centre for Metrology and Accreditation) – Центр метрологии и аккредитации. Национальный метрологический институт Финляндии.

MIRS (Metrology Institute of the Republic of Slovenia) – Институт метрологии Республики Словения. Национальный метрологический институт Словении.

MKEH (Hungarian Trade Licensing Office) – Венгерское управление по лицензированию в торговле). Национальный метрологический институт Венгрии.

MKSA system (система MKSA) – система единиц измерения, основанная на метре, килограмме, секунде и ампере. В 1934 г. в эту систему были дополнительно включены кельвин и кандела, после чего она получила название «Система SI». См. раздел 4.

MRA – см. Договоренность о взаимном признании.

MSA (Malta Standards Authority – National Metrology Services) – Мальтийский орган по стандартизации – Национальная метрологическая служба. Национальный институт метрологии Мальты.

Mutual Recognition Arrangement, ILAC (Договоренность о взаимном признании ILAC) – см. раздел 3.1.7.

Mutual Recognition Arrangement, CIPM MRA (Договоренность о взаимном признании, CIPM MRA) – Договоренность о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки, выдаваемых НМИ, см. раздел 3.1.2.

National measurement standard (национальный эталон) – эталон, признанный национальными органами власти для использования в государстве или хозяйственной деятельности в качестве основы для приписывания значений величины другим эталонам для данного рода величины. [4]

National Metrology Institute, NMI (Национальный метрологический институт, НМИ) – см. раздел 3.1.3.

NEST (Neytendastofa) – Агентство по защите потребителей. Национальный метрологический институт Исландии.

NIST (National Institute of Standards and Technology) – НИЭТ Национальный институт эталонов и технологий. Национальный метрологический институт США.

NMI (НМИ) – часто используемая англоязычная аббревиатура, обозначающая национальный метрологический институт той или иной страны, см. раздел 3.1.3.

NMIA (National Measurement Institute Australia) – Национальный метрологический институт Австралии.

NMISA National Metrology Institute of South Africa – Национальный метрологический институт Южной Африки.

NMi VSL (NMi Van Swinden Laboratorium B.V.) – Национальный институт эталонов. Лаборатория ван Свиндена. Национальный метрологический институт Нидерландов.

NML (National Metrology Laboratory) – Национальная метрологическая лаборатория. Национальный метрологический институт Республики Ирландия.

Nominal value (номинальное значение) – см. value, nominal.

Notified body (нотифицированный орган) – см. раздел 2.2.3.

NPL (National Physical Laboratory) – Национальная физическая лаборатория. Национальный метрологический институт Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии.

NRC-INMS (National Research Council, Institute for National Measurement Standards) – Национальный исследовательский совет, Институт национальных стандартов. Национальный метрологический институт Канады.

OAS (Organization of American States) (ОАГ) – Организация американских государств.

OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale, International Organisation of Legal Metrology) (МОЗМ) – Международная организация законодательной метрологии.

Performance testing (laboratory) (проверка показателей (лаборатории) – определение испытательных возможностей лаборатории путем сравнения результатов испытаний, проводимых разными лабораториями,

Preventive measures (opposite repressive measure) (превентивные меры (в противоположность репрессивным мерам)) – меры, используемые в рамках надзора за рынком и принимаемые до поступления средств измерений на рынок; это означает, что средства измерений подлежат утверждению типа и поверке.

Primary method (первичный метод) – метод с наивысшими метрологическими свойствами, который при его использовании может быть полностью описан и понят, для которого может быть представлен полный бюджет неопределенности в единицах СИ и результаты применения которого, таким образом, могут быть приняты без сравнения с эталоном для измеряемой величины.

Primary reference material (первичный стандартный образец) – см. reference material, primary.

Primary measurement standard (первичный эталон) – эталон, основанный на использовании первичной методики измерений или созданный как артефакт, выбранный по соглашению. Эталон, который установлен или широко признан как обладающий наивысшими метрологическими свойствами и результаты измерений которого определяются без сравнения с другими эталонами той же величины в том же интервале измерений. [4]. См. раздел 2.1.2.

Principle of measurement (принцип измерений) – научное обоснование метода измерений. Явление, лежащее в основе измерения. [4]

Proficiency testing schemes (схемы проверки квалификации на качество выполнения испытаний) – см. PTS.

Prototype (прототип) – артефакт, который воспроизводит единицу измерения. Прототип килограмма (масса – 1 кг) – на сегодняшний день единственный прототип в системе СИ.

PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) – Федеральный физико-технический институт. Национальный метрологический институт Германии.

PTS (Proficiency testing schemes) (программы проверки квалификации на качество проведения испытаний) – см. ссылку в разделе 7.

Quantity (measurable) (величина (измеримая) – свойство явления, тела или вещества, размер которого может быть выражен в виде числа и ссылки. [4]

Quantity, derived (величина, производная) – величина, которая в системе величин определена через основные величины этой системы. См. раздел 3.2. [4]

Quantity dimension (размерность величины) – выражение зависимости величины от основных величин системы величин в виде произведения степеней сомножителей, соответствующих основным величинам, в котором числовые коэффициенты опущены. [4]

Quantity, kind of (род величины) – общий аспект для взаимно сопоставимых величин. [4]

Quantity value (значение величины) – число и ссылка, вместе выражающие размер величины, например массу заданного тела. [4]

Random measurement error (случайная погрешность измерения) – составляющая погрешности измерения, которая при повторных измерениях изменяется непредсказуемо. [4]

Reference conditions (нормальные условия) – условия эксплуатации, предписанные для оценивания характеристик средства измерений или измерительной системы или для сравнения результатов измерений. [4]

Referencematerial(CRM),certified(стандартный образец(ССО),сертифицированный)–стандартный образец с сопроводительной документацией, выданной авторитетным органом, в которой указано одно или более значений определенного свойства с соответствующими неопределённостями и прослеживаемостью, которые установлены с использованием обоснованных процедур [4]

Reference material (RM) (стандартный образец (СО) – материал, достаточно однородный и стабильный в отношении определенных свойств, который был приготовлен для использования по назначению в измерениях или в исследовании номинальных характеристик. [4]

Reference material, primary (стандартный образец, первичный) – стандартный образец с наивысшими метрологическими свойствами, значение которого определяется с использованием первичного метода. [3]

Reference standard (исходный эталон) – эталон, предназначенный для калибровки других эталонов для величин данного рода в данной организации или в данном месте. [4]. См. раздел 2.1.2.

Reference value (опорное значение величины) – значение величины, которое используется как основа для сравнения со значениями величин того же рода. [4] См. также Values, determined.

Relative error (относительная погрешность) – отношение погрешности измерений к истинному значению измеряемой величины. [5]

Repeatability (of a measuring instrument) – способность средства измерений давать при одних и тех же условиях измерения близко схожие показания для повторных приложений одной и той же величины. [5]

Repeatability (of results of measurements) (сходимость (результатов измерений) – степень близости результатов последовательных измерений одной и той же измеряемой величины, выполненных в одних и тех же условиях измерения. [5]

Repressive measures (opposite of preventive measures) (репрессивные меры (в противоположность превентивным мерам)) – меры, используемые при надзоре за рынком для выявления ненадлежащих средств измерений в сфере законодательной метрологии, см. раздел 2.2.3.

Reproducibility (of results of measurements) (воспроизводимость результатов измерений) – степень близости результатов измерений одной и той же измеряемой величины, выполненных при измененных условиях измерения. [4]

Reproducibility condition (условия воспроизводимости) – один из наборов условий измерений, который включает разные местоположения, разные измерительные системы, участие разных операторов и выполнение повторных измерений на одном и том же объекте или подобных ему. [4]

Response (отклик) – входной сигнал измерительной системы может быть назван воздействием, выходной – откликом. [5]

Result, corrected (результат, исправленный) – результат измерения после введения поправки для исключения систематической погрешности. [5]

RMO (Regional Metrology Organisation) (PMO (региональная метрологическая организация)) – см. раздел 3.2 и последующие.

SADC MET (Southern African Development Community) (SADC) (Сотрудничество по прослеживаемости измерений Южно-Африканского сообщества развития) – см. раздел 3.5.2.

Scale division (деление шкалы) – часть шкалы между двумя последовательными отметками шкалы.

Scale range (диапазон шкалы) – совокупность значений, ограниченных крайними показаниями аналогового средства измерений. [5]

Scale spacing (длина деления шкалы) – расстояние между двумя соседними отметками шкалы, измеренное вдоль той же линии, что и длина шкалы. [5]

SCSC (APEC Sub-committee on Standards and Conformance) – подкомитет APEC по эталонам и соответствию.

Secondary standard (вторичный эталон) – эталон, значение величины которого устанавливается в результате калибровки по первичному эталону величины того же рода. [4]

Sensor (датчик) – элемент измерительной системы, на который непосредственно воздействует измеряемая величина. [4]

SI system (The international system of units, Le Système International d'Unités) (система SI, международная система единиц SI) – система, продолжающая формальное определение всех основных единиц SI, утвержденных Генеральной конференцией мер и весов. См. раздел 4.

SI unit (единица СИ) – единица, входящая в систему единиц СИ.

SIM (Sistema Interamericano de Metrologia) – Трансамериканское сотрудничество по вопросам метрологии. Региональная метрологическая организация, которая объединяет 34 государства-участника, представленные в OAS См. раздел 3.3.1.

SMD (FPS, DG Quality and Safety, Metrology Division) – Федеральная государственная служба экономики. Генеральный директорат по качеству и безопасности. Отдел метрологии. Национальный метрологический институт Бельгии.

SMU (Slovak Metrology Institute) – Словацкий институт метрологии. Национальный метрологический институт Словацкой Республики.

SP (SP Technical Research Institute of Sweden) – SP Технико-исследовательский институт Швеции. Национальный метрологический институт Швеции..

Span (размах) – модуль разности между двумя пределами номинального диапазона. [5]

Stability (стабильность) – свойство средства измерений, отражающее неизменность во времени его метрологических характеристик. [4]

Standard deviation, experimental (стандартное отклонение, экспериментальное) – для ряда из n измерений одной и той же величины параметр s , характеризующий разброс результатов и определяемый по формуле для стандартного отклонения. [5]

Standard (эталон) – см. Measurement standard.

Standard, compound (эталон, групповой) – совокупность подобных материальных мер или средств измерений, путем их совместного использования составляющих эталон, называется групповым эталоном.

Standard, transfer (эталон сравнения) – эталон, используемый в качестве посредника для сличения между собой эталонов. [5]

Standard, travelling (транспортируемый эталон) – эталон, иногда специальной конструкции, предназначенный для его транспортирования между различными местами. Иногда используется для сличения эталонов, расположенных в разных местах. [4]

Stimulus (воздействие) – входной сигнал измерительной системы может быть назван воздействием, выходной – откликом. [5]

System of measurement units (система единиц измерения) – набор основных единиц и производных единиц вместе с их кратными и дольными единицами, определенных в соответствии с установленными правилами для данной системы величин. [4]

System of units (система единиц) – см. System of measurement units.

Systematic error (систематическая погрешность) – составляющая погрешности измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях. [4]

TBT (Technical Barrier to Trade) – технические барьеры в торговле.

Testing (испытания) – техническая процедура, включающая в себя определение одной или нескольких характеристик заданного изделия, процесса или услуги в соответствии с установленной методикой. [5]

Threshold, discrimination (порог реагирования) – наибольшее изменение значения величины, подлежащей измерению, не вызывающее заметного изменения соответствующего показания средства измерений или измерительной системы. [4]

Traceability chain (цепь прослеживаемости) – последовательность эталонов и калибровок, которые используются для того, чтобы связать результат измерения с исходным эталоном. [4]

Traceability, metrological (прослеживаемость, метрологическая) – свойство результата измерения, в соответствии с которым результат может быть связан с исходным эталоном через документированную неразрывную цепь калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность измерения [4]

Transfer equipment (оборудование сравнения) – термин «оборудование сравнения» следует использовать, когда посредник не является эталоном. [5]

Transfer standard or device (эталон или устройство сравнения) – устройство, которое используется как посредник при сличении эталонов. [4]

Transparency (нейтральность) – способность средства измерений не влиять на значение измеряемой величины. [5]

Travelling standard (транспортируемый эталон) – эталон транспортируемый.

True value of a quantity (истинное значение величины) – значение величины, которое соответствует определению величины. [4]

UME (Ulusal Metroloji Enstitüsü) - Национальный метрологический институт Турции.

Uncertainty of measurement (неопределенность измерения) – неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, которые приписываются измеряемой величине, и основанный на использованной информации. [4] Обычно принимается значение неопределенности, оценка которого выполнялась в соответствии с руководством GUM. [6]

Uncertainty, expanded (неопределенность, расширенная) – см. раздел 2.1.7.

Unit of measurement (единица измерения) – действительная скалярная величина, определенная и принятая по соглашению, с которой может сравниваться любая другая величина того же рода, чтобы выразить отношение этих двух величин в виде числа. [4]. См. раздел 4.

Unit of measurement derived – производная единица, которая является произведением степеней основных единиц с коэффициентом пропорциональности, равным одному. [4]

Value (of a measurand), transformed (значение (величины), преобразованное) – значение измерительного сигнала представляющее данную измеряемую величину. [5]

Value, quantity (значение величины) – количественное выражение величины, обычно в форме произведения единицы измерения на некоторое число. Число и ссылка, вместе выражающие размер величины, например, массу заданного тела. [4]

Value, nominal (значение, номинальное) – округленное или приближенное значение величины, характерное для средства измерений или измерительной системы, которым следует руководствоваться при их соответствующем применении. [4]

VIM (International Vocabulary of basic and general terms in Metrology) – Международный словарь основных и общих терминов в метрологии. [4], [5]

VMT (State Metrology Service) – Государственная метрологическая служба. Национальный метрологический институт Литвы.

WELMEC (Western European Legal Metrology Co-operation) – Западноевропейское сотрудничество по законодательной метрологии. см. раздел 3.2.3.

Working range (рабочий диапазон) – совокупность значений измеряемой величины, для которых погрешность средства измерений предполагается находящейся в установленных пределах. [5]

Working standard (рабочий эталон) эталон, который используют для повседневной калибровки или поверки средств измерений или измерительных систем. [4]

WTO (World Trade Organisation) – Всемирная торговая организация.

7. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ. ССЫЛКИ

Информация о ...	Источник	Контактные данные
Аккредитация в Европе, аккредитованные лаборатории	ЕА Европейское сотрудничество по аккредитации	Secretariat at COFRAC 37 rue de Lyon, FR-75012 Paris www.european-accréditation.org
Аккредитация в Северной и Южной Америке	IAAC Трансамериканское сотрудничество по аккредитации	www.iaac.org.mx
Аккредитация в азиатско-тихоокеанском регионе	APLAC Азиатско-Тихоокеанское сотрудничество по аккредитации лабораторий	www.aplac.org
Аккредитация в Южной Африке	SADCA Сотрудничество по прослеживаемости измерений Южно-Африканского сообщества развития	www.sadca.org
Вопросы аналитической химии и качества в Европе	Eurachem	www.eurachem.org
Сертифицированные стандартные образцы	База данных COMAR	www.comar.bam.de
Стандарты	ИСО Международная организация по стандартизации	www.iso.org
Технические программы и сличения EURAMET	EURAMET	www.euramet.org
Законодательство европейского сообщества	EUR-lex	eur-lex.europa.eu
Европейские национальные органы по стандартизации	CEN Европейский комитет по стандартизации	www.cenorm.be
Международные метрологические организации	МБМВ Международное бюро мер и весов	Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex, France www.bipm.org
Международный союз чистой и прикладной химии	IUPAC	www.iupac.org
Международный союз чистой и прикладной физики	IUPAP	www.iupap.org
База данных по ключевым сличениям	Публикуется в базе данных по ключевым сличениям МБМВ и журнале «Метрология»	BIPM kcdb.bipm.org
Законодательная метрология в азиатско-тихоокеанском регионе	APLPMF Азиатско-Тихоокеанский форум по законодательной метрологии	www.aplpmf.org

Законодательная метрология в Европе	WELMEC	WELMEC Secretariat United Kingdom www.welmec.org
Законодательная метрология во всем мире	МОЗМ	OIML secretariat at BIML, Paris www.oiml.org
Измерительные, испытательные и аналитические лаборатории в Европе	EURO LAB	www.eurolab.org
Национальные метрологические институты	BIPM	www.bipm.org ...раздел "practical information" («Практическая информация») ... раздел "useful links" («Полезные ссылки»)
Физические и химические постоянные	CO DATA Kaye and Laby online	physics.nist.gov/cuu/Constants www.kayelaby.npl.co.uk
Программы проверки квалификации (PTS) в Европе, Северной и Южной Америке и Австралии	База данных EPTIS Европейская система программ проверки квалификации	www.eptis.bam.de
Региональные метрологические организации (РМО)	МБМВ	www.bipm.org ...раздел "practical information" («Практическая информация») ... раздел "useful links" («Полезные ссылки»)
Региональная метрологическая организация Северной и Южной Америки	SIM Трансамериканская метрологическая система	www.sim-metrologia.org.br
Региональная метрологическая организация азиатско-тихоокеанского региона	APMP Азиатско-Тихоокеанская метрологическая программа	www.apmpweb.org
Региональная метрологическая организация евро-азиатского региона	KOOMET Евро-Азиатское сотрудничество государственных метрологических учреждений	www.coomet.org
Региональная метрологическая организация Европы	EURAMET e.V. Европейская ассоциация национальных метрологических институтов	www.euramet.org
Региональная метрологическая организация Южной Африки	Южно-Африканское сообщество развития. Сотрудничество по прослеживаемости измерений	www.sadcm.org
Региональная метрологическая организация Африки (будет создана)	Внутриафриканская метрологическая система	www.afrimets.org
ТБТ (технические барьеры в торговле)	База данных по доступу к рынку ЕС DG	madb.europa.eu
Система SI	МБМВ	www.bipm.org

8. БИБЛИОГРАФИЯ

- 1] Arturo Garcia Arroyo, Dr. Director of Industrial & Material Technologies, CEC DG XII: "Measurements for Europe", Measurements and Testing, June 1993, vol. 1, no.1. (The percentage figures in chapter 1.1 refers to this reference) («Измерения в Европе», Измерения и испытания, июнь 1993, т.1, № 1, процентные данные, приведенные в разделе 1.1, взяты из данной публикации).
- 2] BIPM: The International System of Units, 8th edition 2006. (МБМВ: Международная система единиц, 8-е издание, 2006 г.).
- 3] CCQM: Report of the President of the Comité Consultatif pour la Quantité de Matière, April 1995 (CCQM: Отчет президента Консультативного комитета по количеству вещества, апрель 1995 г.).
- 4] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML: International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms, 3rd edition, 2008, JCGM 200:2008, also published by ISO as ISO/IEC Guide 99-12:2007 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated (Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины, 3-е издание, 2008, JCGM, 200:2008, также опубликованный ИСО как руководство ISO/IEC Guide 99-12:2007. Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины).
- 5] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML: International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, 2nd edition 1993, ISBN 92-67-01075-1 (Международный словарь основных и общих терминов в метрологии, 2-е издание, 1993 г.).
- 6] ISO: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, First edition 1995, ISBN 92-67-10188-9. (Руководство по выражению неопределенности в измерениях, первое издание, 1995 г.).
- 7] ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, 2nd edition, 2005 (Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий, 2-е издание, 2005 г.).
- 8] Steen C. Martiny: Innovation og Måleteknik, 1999, ISBN 87-16-13439-7. (The fertilizer example in chapter 4 refers to this book) (Инновации в измерительной технике, 1999 г., пример с машиной для внесения удобрений в главе 4 взят из этой книги).

9. КООМЕТ (ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ)



Региональная метрологическая организация КООМЕТ (КООМЕТ – сокращение от «кооперация в метрологии») была создана 12 июня 1991 года. Инициатива принадлежала метрологам Болгарии, Польши, Румынии, СССР и Чехословакии, которая была закреплена подписанием Меморандума о взаимопонимании.

За 20 лет количество участников организации возросло с 5 до 18. Кроме европейских стран членами КООМЕТ стали государства Средней Азии и Закавказья. В 2000 году организация была официально переименована в Евро-Азиатское сотрудничество государственных метрологических учреждений.

КООМЕТ состоит из 15 полных и 3 ассоциированных членов. Достигнутый уровень эквивалентности эталонов стран-членов КООМЕТ опубликован в Приложении В Базы данных ключевых сличений (KCDB) Международного бюро мер и весов (МБМВ), а уровень точности измерений – в Приложении С KCDB.

Высшим органом КООМЕТ является Комитет КООМЕТ, в который входят представители всех стран-участниц.

Деятельность КООМЕТ координирует Совет Президента, состоящий из Президента, четырех Вице-президентов и Руководителя Секретариата.

Члены Комитета КООМЕТ избирают Президента сроком на 3 года, а он, в свою очередь, назначает Вице-президентов. Президент КООМЕТ обеспечивает ведение Секретариата КООМЕТ – исполнительного органа организации.

12 технических комитетов (ТК) проводят научную работу по всем областям измерений. Кроме того, в КООМЕТ есть ТК по законодательной метрологии, ТК по информации и обучению, ТК по менеджменту качества, а также ТК по совместным научным исследованиям, целью которого является решение задач, связанных с новыми технологиями.

КООМЕТ активно участвует в межрегиональной экспертизе калибровочных и измерительных возможностей (СМС) НМИ других РМО, которые затем публикуются в KCDB.

Основные задачи KOOMET

- Привлечение стран-членов KOOMET к участию в Метрической конвенции и Соглашении CIPM MRA, включая широкое участие в региональных сличениях для поддержания СМС-данных, и аудите систем менеджмента качества НМИ.
- Создание открытого метрологического форума для поиска единых подходов к решению общих измерительных задач.

При выполнении своих задач KOOMET сотрудничает с Объединенным комитетом РМО и МБМВ (JCRB), Международной организацией по законодательной метрологии (МОЗМ) и другими международными организациями.

Выполнение совместных проектов KOOMET вносит значительный вклад в развитие науки и техники, стимулирует инновации, в том числе для решения метрологических проблем в странах-участницах KOOMET.