

*НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ КАК КРИТЕРИЙ АККРЕДИТАЦИИ
КАЛИБРОВОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ И ПОДГОТОВКИ
ИНЖЕНЕРА-МЕТРОЛОГА*

Л.М. МАЛУКА, И.Т. ЗАЙКА, С.В. БРАГИН

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
тел.: (861) 274-40-48, электронная почта: zaikairina@mail.ru*

В статье рассмотрены актуальные вопросы, связанные с внедрением концепции неопределенности измерений в деятельности аккредитованных метрологических лабораторий. Приведен анализ нормативных и методических документов, регламентирующих оценку качества результатов измерений, установление их метрологической прослеживаемости, взаимное признание результатов измерений, калибровок, испытаний. Обозначены трудности и проблемы, связанные с применением Руководства GUM в России, в т.ч. в отношении понятийного аппарата, соответствия терминов и определений концепции неопределенности с классической теорией измерений. Рассмотрены требования, предъявляемые рынком труда к профессии метролога.

Ключевые слова: метрология, неопределенность измерений, погрешность, калибровка, испытания, аккредитация лабораторий.

Понятие «неопределенности» измерений является относительно новым в истории измерений в противоположность понятию «погрешность», которое уже давно используется на практике. Для метрологии задача достижения единства в подходе к представлению и оцениванию результатов измерений является весьма актуальной.

В рекомендациях РМГ 29–2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» дано следующее определение: «погрешность (результат измерения) есть разность между измеренным значением величины и опорным значением величины». Новый термин «опорное значение величины» определен как значение величины, используемое в качестве основы для сравнения со значением величины того же рода.

В редакции этих рекомендаций 1999 года термин «погрешность результата измерения» трактовался как «отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины». В примечании к термину

было сказано, что истинное значение величины неизвестно и его применяют в теоретических исследованиях, а на практике используют действительное значение величины, в качестве которого принимается результат измерения государственным первичным эталоном, а по сути действительное значение соответствует опорному.

Редакция РМГ 29-2013 решила задачи гармонизации с международной терминологией, способствовала обеспечению единого подхода к оценке качества результатов измерений, установлению их метрологической прослеживаемости, взаимному признанию результатов измерений, калибровок, испытаний.

В некоторых странах неопределенность в измерениях начали оценивать примерно с 1978 года. Отсутствие международного единства в этом вопросе оказывало влияние на процессы глобализации и интеграции, происходящие в мировой экономике, что привело к разработке в 1993 году семью международными организациями международного документа «Руководство по выражению неопределенности в измерениях» (GUM):

- BIPM (Международное бюро мер и весов);
- IEC (Международная электротехническая комиссия);
- IFCC (Международная федерация клинической химии);
- ISO (Международная организация по стандартизации);
- IUPAC (Международный союз по чистой и прикладной химии);
- IUPAP (Международный союз по чистой и прикладной физике);
- OIML (Международная организация законодательной метрологии).

Положения GUM были предназначены для использования в широком спектре измерений службами метрологии, стандартизации, аккредитованными калибровочными и испытательными лабораториями. Были расширены такие понятия, как «метрология», «величина», включены ряд новых понятий, связанных с метрологической прослеживаемостью и неопределенностью измерений. Понятие «неопределенность измерения» введено для описания точности измерения как степени доверия к полученному результату. Слово

«неопределенность» таким образом, означает «сомнение», иными словами «сомнение относительно достоверности результата изменений».

Также были сформулированы цели, которыми была обусловлена разработка Руководства GUM:

1. Обеспечение наиболее полной информации для составления отчетов о неопределенности измерений.

2. Предоставление базиса для сравнения результатов измерений на международном уровне.

3. Представление универсального метода для оценки и выражения неопределенности измерений, который может использоваться для всех видов измерений и для всех типов данных, применяемых во время измерений.

4. Упрощение расчетов, которые связаны с обработкой результатов измерений.

Однако отечественные нормативные документы до сих пор мало используют понятия «неопределенность измерения» и ориентированы на традиционный и устоявшийся подход, основанный на понятиях «погрешность» и «характеристика погрешности». Достаточно упомянуть стандарты и технические условия на общие технические требования к средствам измерений, на методы поверки, методики выполнения измерений, методы испытаний, стандарты системы ГСИ и др. В государственных поверочных схемах погрешности средств измерений нормируются доверительными границами или пределами допускаемых значений.

Дискуссия среди отечественных метрологов по поводу концепции неопределенности и ее применения продолжается до сих пор. Среди наиболее острых вопросов можно выделить следующие:

– каковы достоинства и недостатки Руководства GUM и отечественной нормативной базы метрологии; стоит ли использовать Руководство GUM в качестве основы для переработки существующей отечественной нормативной базы;

- насколько подход, положенный в основу Руководства GUM, научно обоснован и практически целесообразен; соответствует ли он национальным интересам страны;
- какова область применения Руководства GUM: только высшие звенья поверочных схем – эталоны, или все средства измерений;
- кто должен применять положения Руководства GUM на практике в России;
- как применять Руководство GUM инженерам метрологам-поверителям, которые используют стандартизованные методики выполнения измерений, технические условия, паспорта и др. документацию на средства измерений, в которой применяются характеристики погрешности, а не неопределенность.

«Краеугольным камнем» Руководства GUM является:

- отказ, по возможности, при изложении от использования понятий «погрешность» и «истинное значение измеряемой величины» в пользу понятий «неопределенность» и «опорное значение измеряемой величины»;
- переход от классификации погрешностей по природе их проявления на «случайные» и «систематические» к другому делению: по способу оценивания неопределенностей измерений (по типу А посредством применения статистических оценок среднеквадратичного и среднеарифметического на основе нормального закона распределения полученных величин; и по типу В посредством применения априорных нестатистических сведений на основе равномерного закона распределения вероятных значений величин в заданных границах).

Из этого можно заключить, что оценивание неопределенности по типу А и В обусловлено методами их использования и получения при вычислении общей неопределенности, а разделение на случайные и систематические погрешности продиктовано природой их проявления и возникновения в процессе осуществления измерений.

Соответствие понятий в концепции неопределенности и в классической теории измерений представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Соответствие понятий в концепции неопределенности и в классической теории измерений

Концепция неопределенности	Классическая теория измерений
Опорное значение величины	Истинное значение величины
Приписанное значение величины	Действительное значение величины
Стандартная неопределенность результата измерения	Среднеквадратическое отклонение погрешности результата измерений
Вероятность охвата (покрытия)	Доверительная вероятность
Расширенная неопределенность результата измерения	Доверительные границы результатов измерения
Коэффициент охвата (покрытия)	Коэффициент (квантиль) распределения погрешности
Неопределенность результата измерения	Погрешность результата измерения
Неопределенность, оцениваемая по типу А	Случайная погрешность
Неопределенность, оцениваемая по типу В	Неисключенная погрешность

Поскольку Руководство GUM является сложным для восприятия практиками-метрологами документом, многие национальные органы по метрологии разработали на его основе упрощенные и ориентированные на конкретную область метрологической деятельности документы.

Так, рекомендации РМГ 91-2009 «ГСИ. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерения», разработанные ФГУ «ВНИИФТРИ» дают общий подход в отношении отдельных метрологических задач: «результаты измерений в большинстве метрологических ситуаций характеризуются неопределенностью, а нормативы точности средств измерений, измерительных и контрольных процедур характеризуются погрешностью. Таким образом, понятия «неопределенность» и «погрешность» рекомендуется использовать гармонично без взаимного противопоставления и исключения одного из них». ФГУ «ВНИИМ» им. Д.И. Менделеева также издал собственные методические указания, содержащие сопоставление двух подходов, которые позволили отечественным метрологам-практикам вычислять неопределенности измерений без кардинальной ломки их представлений об оценивании погрешностей измерений.

Под общим названием «концепция неопределенности измерений» продолжает пополняться список аутентичных переводов международных руководств.

В последние годы усиливается процесс интеграции России в международное сообщество, который требует гармонизации стандартов и других нормативных документов, в том числе в области метрологии, калибровки средств измерений, сертификации продукции для устранения барьеров в торговле, промышленном, научном и культурном обмене и сотрудничестве.

Применение концепции неопределенности измерений при испытаниях впервые было упомянуто в международном стандарте ИСО/МЭК 17025-99 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Требования этого же стандарта версии 2009 года гласят, что «испытательные лаборатории должны иметь и применять процедуры оценки неопределенности измерений». Таким образом, в аккредитованных лабораториях использование понятия «неопределенность» устанавливается в обязательном порядке. Кроме того, разработка национальных систем аккредитации также осуществляется на основе этих требований. Критерием госаккредитации лабораторий, в числе прочих определено наличие правил оценки неопределенности измерений (в случае проведения самостоятельной калибровки средств измерений лабораторией).

Новая версия ИСО/МЭК 17025 2017 года существенно расширила сферу применения неопределенности измерений. Термин «неопределенность», который ранее использовался только метрологами-практиками, стал термином, применяемым при вычислении результатов любых измерений.

Так или иначе, необходимость использования концепции неопределенности в тех областях метрологической деятельности, на которые распространяются требования ИСО/МЭК 17025, т.е. при проведении калибровок и испытаний в аккредитованных лабораториях является обязательным требованием. Это позволяет выражать точность измерений в соответствии с международными подходами, что имеет одно из первостепенных значений в международных и <http://ntk.kubstu.ru/file/2265>

региональных сличениях эталонов. Таким образом, следует признать, что в определенном смысле Руководство GUM приобрело статус неформального международного стандарта, по крайней мере, в области международных сличений эталонов.

К вопросам применения методов оценивания неопределенности в измерениях подключились разработчики профессиональных стандартов. В таблице 2 приведены извлечения из профессиональных стандартов для специалистов-метрологов уровней квалификации, соответствующих выпускникам по программам среднего профессионального и высшего образования.

Таблица 2 – Извлечения из профессиональных стандартов

ПС № 1083 Специалист по метрологии в наноиндустрии (утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты России от 08.09.2017г. № 664н) Уровни квалификации 5 – 7		ПС № 33 Специалист по метрологии (утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты России от 29.06.2017г. № 526н) Уровни квалификации 4 – 7	
3.1.1. Трудовая функция Поверка и калибровка средств измерений, применяемых для контроля характеристик инновационной продукции наноиндустрии Требуемое образование – программы подготовки специалистов среднего звена		3.2.3. Трудовая функция Поверка (калибровка) простых средств измерений Требуемое образование - бакалавриат	
Трудовые действия	Выполнение операций поверки и/или калибровки средств измерений в соответствии с действующими методиками поверки и/или калибровки	Трудовые действия	Выполнение действий, предусмотренных методиками поверки и калибровки средств измерений
Умения	Методы обработки результатов измерений при поверке и/или калибровке	Умения	Методики и средства поверки (калибровки) средств измерений Методы расчета погрешностей (неопределенностей) результатов измерений
Знания	Рассчитывать погрешности и/или неопределенности результатов измерений	Знания	Применять методика и средства поверки (калибровки) средств измерений
3.2.1. Трудовая функция		3.3.1. Трудовая функция	

<p>Метрологическая экспертиза разрабатываемой технической документации в области метрологического обеспечения инновационной продукции nanoиндустрии Требуемое образование - бакалавриат</p>		<p>Выполнение особо точных измерений для определения действительных значений контролируемых параметров Требуемое образование - бакалавриат</p>	
Трудовые действия	<p>Оценка обоснованности состава измеряемых и контролируемых параметров, допустимых пределов их изменения (значений допускаемых отклонений)</p>	Трудовые действия	<p>Определение допускаемой погрешности (неопределенности) измерений Проведение измерительного эксперимента Обработка результатов измерений</p>
Умения	<p>Принципы нормирования точности измерений</p>	Умения	<p>Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы выбора методов и средств измерений, условия проведения измерений</p>
Знания	<p>Оценивать выбор методов оценки погрешностей Осуществлять контроль расчетов погрешностей</p>	Знания	<p>Получать, интерпретировать и анализировать результаты измерений Рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений</p>
<p>3.2.3. Трудовая функция Разработка программ и методик аттестации применяемого в организации испытательного и технологического оборудования с измерительными функциями Требуемое образование - бакалавриат</p>		<p>3.3.2. Трудовая функция Метрологическая экспертиза технической документации Требуемое образование - бакалавриат</p>	
Знания	<p>Определять требования к факторам, влияющим на погрешность (неопределенность) измерений</p>	Знания	<p>Получать, интерпретировать и анализировать результаты измерений Рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений</p>
<p>3.4.2. Трудовая функция Проведение испытаний средств измерений с целью утверждения типа применяемых при производстве инновационной продукции nanoиндустрии Требуемое образование – специалист, магистратура</p>		<p>3.4.3. Трудовая функция Поверка (калибровка) сложных средств измерений Требуемое образование - бакалавриат</p>	
Трудовые действия	<p>Определение допускаемой погрешности измерений</p>	Умения	<p>Методики и средства поверки (калибровки) средств измерений Методы расчета погрешностей (неопределенностей) результатов</p>

			измерений
Знания	Рассчитывать погрешности результатов измерений метрологических характеристик по итогам проведенных испытаний средств измерений и стандартных образцов	Знания	Применять методики и средства поверки (калибровки) средств измерений Рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений
		3.4.5. Трудовая функция Разработка методик измерений и испытаний Требуемое образование - бакалавриат	
		Знания	Определять требования к факторам, влияющим на погрешность (неопределенность) измерений

Требования профессиональных стандартов к знаниям, умениям и практическим навыкам должны быть включены в программы подготовки высшего образования.

Руководство GUM является документом переходного периода, и как следствие продолжения дискуссии по поводу неопределенности, вышедшей на международный уровень, уже в 2018 году планируется его актуализация в части пояснения различных методов, области применения и уровней сложности оценивания неопределенности измерений [1–4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Введение к «Руководству по выражению неопределенности измерения» и сопутствующим документам. Оценивание данных измерений / Пер. с англ. под науч. ред. д.т.н., проф. В.А. Слаева, д.т.н. А.Г. Чуновкиной. — СПб.: «Профессионал», 2011. — 58 с.

2. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

3. ИСО/МЭК 17025-2017 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

4. Приказ Минэкономразвития России от 30 мая 2014 г. № 326 «Об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований

которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации».

REFERENCES

1. Vvedenie k «Rukovodstvu po vyrazheniyu neopredelennosti izmereniya» i soputstvuyushchim dokumentam. Otsenivanie dannykh izmereniy / Per. s ang. pod nauch. red. d.t.n., prof. V.A. Slaeva, d.t.n. A.G. Chunovkinoy. — SPb.: «Professional», 2011. — 58 s.
2. GOST ISO/MEK 17025-2009 Obshchie trebovaniya k kompetentnosti ispytatelnykh i kalibrovochnykh laboratoriy
3. ISO/MEK 17025-2017 Obshchie trebovaniya k kompetentnosti ispytatelnykh i kalibrovochnykh laboratoriy
4. Prikaz Minekonomrazvitiya Rossii ot 30 maya 2014 g. № 326 «Ob utverzhdenii kriteriev akkreditatsii, perechnya dokumentov, podtverzhdayushchikh sootvetstvie zayavitelya, akkreditovannogo litsa kriteriyam akkreditatsii, i perechnya dokumentov v oblasti standartizatsii, soblyudenie trebovaniy kotorykh zayavitelyami, akkreditovannymi litsami obespechivaet ikh sootvetstvie kriteriyam akkreditatsii».

UNCERTAINTY OF MEASUREMENTS AS A CRITERION OF ACCREDITATION OF A CALIBRATION LABORATORY AND TRAINING OF AN ENGINEER-METROLOGY

L.M. MALUKA, I.T. ZAIKA, S.V. BRAGIN

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
ph.: (861) 274-40-48; e-mail: zaikairina@mail.ru*

The article deals with topical issues related to the introduction of the concept of measurement uncertainty in the activities of accredited metrology laboratories. The analysis of normative and methodological documents regulating the evaluation of the quality of measurement results, establishment of their metrological traceability, mutual recognition of measurement results, calibrations, tests is given. The difficulties and problems associated with the application of the GUM Handbook in Russia are indicated, incl. in relation to the conceptual apparatus, the correspondence of terms and definitions of the concept of uncertainty with the classical theory of measurements. The requirements of the labor market to the profession of the metrologist are considered.

Key words: metrology, measurement uncertainty, error, calibration, testing, accreditation of laboratories.