

Актуальные проблемы в разработке и аттестации методик измерений в сфере радиационного мониторинга

В статье рассмотрены особенности разработки и аттестации методик измерений в сфере радиационного мониторинга, включая измерения на объектах использования атомной энергии. Представлены результаты анализа актуальных проблем, связанных с разработкой и аттестацией методик.

Ключевые слова:

методики и методы измерений, радиационный мониторинг, аттестация методик, методики измерений ионизирующих излучений, методики радиационных измерений, разработка методик, метрологическая экспертиза.

А.Н.Макаренко

(ООО «НТЦ «ЭкологджиксЛаб», г. С.-Петербург)

А.А.Яковенко, Р.В.Потапов

(Союз защиты экологических прав населения московской области, г. Сергиев Посад)

А.В.Дидык

(ООО «НТЦ «ЭкологджиксЛаб», г. С.-Петербург)

И.А.Иванова

(ФБУ «Ростовский ЦСМ», г. Ростов-на-Дону)

С развитием и все более широким распространением ядерных и медицинских технологий, технологий ускорителей заряженных частиц появляются новые измерительные задачи, возрастают требования к измерительной технике и точности проводимых измерений. Это, в свою очередь, обуславливает все большую потребность пользователей в разработке новых методик измерений (МИ) параметров ионизирующих излучений и актуализации уже существующих.

Весь процесс разработки методик измерений возможно условно разделить на три этапа [1].

1. Разработка проекта документа на методику измерений. Этот этап включает в себя:

- формулирование измерительной задачи и описание измеряемой величины, предварительный отбор возможных методов решения измерительной задачи;
- выбор метода и средств измерений, стандартных образцов, вспомогательных устройств, материалов и реактивов;
- установление последовательности и содержания операций при подготовке и выполнении измерений.

2. Опробование методики измерений. Этот этап включает в себя:

- организацию и проведение теоретических и экспериментальных исследований по оценке показателей точности разработанной методики измерений;
- экспериментальное опробование методики измерений;
- анализ соответствия показателей точности исходным требованиям;
- обработку промежуточных результатов измерений и вычисление окончательных результатов, полученных с помощью данной методики измерений;
- разработку процедур и установление нормативов контроля точности получаемых результатов измерений.

3. Аттестация методики измерений. Этот этап включает в себя:

- метрологическую экспертизу проекта документа на методику измерений и представленных на аттестацию материалов опробования;
- утверждение и регистрацию документа на методику измерений, оформление свидетельства об аттестации;
- передачу сведений об аттестованных методиках измерений в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При разработке текста методики первое, с чем сталкивается разработчик, это законодательные требования к методикам. В настоящее время в Российской Федерации требования к методикам (методам) измерений установлены в статье 5 Федерального закона от 26 июня 2008 г.

№ 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [2].

В соответствии с этой статьей методики (методы) измерений, используемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежат метрологической аттестации [2].

В целях изложения рекомендаций по реализации установленных требований к методикам (методам) измерений, а также к их метрологической аттестации, утвержден и дей-

ствует ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений» [1]. Здесь мы сталкиваемся с первым противоречием в требованиях. Так, в соответствии с [2], сведения об аттестованных методиках (методах) измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФИФ ОЕИ) проводящими аттестацию юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями; при этом, в соответствии с [1], эти же сведения в ФИФ ОЕИ должен передавать разработчик. На практике от разработчика никто такие сведения, конечно же, не примет, и их должен передавать аттестующий орган.

В свою очередь для метрологического обеспечения радиационных измерений также утвержден и действует ГОСТ 8.638-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Основные положения» [3]. Безусловно, методики, применяемые в области измерений ионизирующих излучений, имеют свою специфику и особенности, связанные с природой измеряемых характеристик. Однако на наш взгляд, ГОСТ 8.638-2013 содержит

некоторые противоречия. Например, он вводит особое понятие «Методика радиационного контроля (МРК)», которое по своему определению [3] соответствует понятию «Методика (метод) измерений (МИ)», установленному в [2], вводя некоторые пояснения относительно специфики измерений. Такой подход не способствует унификации и гармонизации требований законодательства в области обеспечения единства измерений. Также, в соответствии с [3], МРК подлежат аттестации в национальном метрологическом институте, что само по себе является дискриминационным требованием и прямо противоречит положениям [2], устанавливающим, что аттестацию методик (методов) измерений, относящихся к сфере государственного регулирования, проводят юридические лица и индивидуальные предприниматели, аккредитованные в национальной системе аккредитации на проведение аттестации методик (методов) измерений. В развитие требований ГОСТ 8.638-2013 разработаны рекомендации МИ 2453-2015 «Рекомендация. ГСИ. Методики радиационного контроля. Общие требования» [4]. Кроме всего этого, существует Приказ Госкорпорации «Росатом» от 31.10.2013 N 1/10-НПА

«Об утверждении метрологических требований к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии» [5], который аналогично предъявляет требования к методикам измерений, но в основном дублирует требования [1] и [3].

Таким образом, на территории РФ действуют как минимум три документа, в соответствии с которыми возможно разработать и аттестовать методики измерений, применяемые в сфере радиационного мониторинга. И добиться, при необходимости, соответствия всем этим документам является нетривиальной задачей.

Вторым камнем преткновения при реализации первого этапа разработки методик радиационных измерений является наличие фундаментальных знаний в области измерений параметров ионизирующих излучений, реального практического опыта с пониманием особенностей осуществления тех или иных измерений и их метрологического обеспечения. Для этого непосредственному разработчику недостаточно быть хорошим физиком или инженером, он должен иметь

квалификацию в метрологии ионизирующих излучений.

Также здесь не стоит забывать и про форму изложения текста методики. Разработчику необходимо иметь опыт в написании методической документации, так как текст методики должен быть изложен в доступной (понятной) и однозначной форме, поскольку нельзя забывать, что, возможно, этим документом будут руководствоваться люди, не обладающие такой глубиной знаний, как разработчик. Не стоит забывать и о том, что МИ не должны содержать избыточные требования, которые не являются обязательными с точки зрения руководящих документов и поставленной измерительной задачи, или которые невозможно (затруднительно) соблюдать в повседневной деятельности. Избыточные требования МИ, которые по сути не являются обязательными для выполнения конкретных измерений, при их невыполнении в испытательной лаборатории могут послужить причиной для отказа в аккредитации в соответствии с [6].

Отсутствие практического опыта приводит нас к третьей проблеме первого этапа – это составление уравнения измерений и оценка весового вклада (коэффициента чувствительности) каждой входной

величины в неопределенность измерений. Общие способы оценки неопределенности измерений наиболее доступно описаны в ГОСТ 34100.3-2017 [7]. На наш взгляд, наибольшие трудности у разработчиков и пользователей вызывает определение стандартной неопределенности, оцененной по типу В, так как этот способ оценки составляющих неопределенности измерений требует от разработчика методики всей полноты понимания физического процесса. Так, в [7] указывается, что «Правильное использование доступной информации для оценивания стандартной неопределенности типа В требует физической интуиции, основанной на опыте и общих знаниях, которая приходит с накопленной практикой. Следует понимать, что оценка стандартной неопределенности по типу В может быть не менее надежной, чем оценка стандартной неопределенности по типу А, особенно, если последняя получена в условиях небольшого числа статистически независимых наблюдений». Здесь следует отметить, что единственным на сегодняшний день нормативным документом, рассматривающим неопределенность дозиметрических измерений, является стандарт Госкорпорации «Росатом» СТО 95 12067-2020 «Приборы и ап-

паратура для измерения или обнаружения ионизирующих излучений. Обработка результатов измерений» [8], в котором изложен в доступной форме алгоритм оценивания неопределенности измерений дозиметрических величин.

На практике, на втором этапе разработки при опробовании методик измерений у разработчиков нередко возникает еще одна проблема – некорректно составленные руководства по эксплуатации СИ и описания типов СИ. Например, в руководствах по эксплуатации на некоторые широко применяемые средства измерений дается ссылка на статистическую погрешность, которую приборы рассчитывают автоматически. Однако современная метрология не использует понятие «статистическая погрешность», при этом ни в руководствах по эксплуатации, ни в описаниях типов способ определения (расчета) этой так называемой «статистической погрешности» не указан. В связи с этим при опробовании методик возникает вопрос о том, как правильно оценить вклад указанной погрешности в расширенную неопределенность измерений для условий использования методики. И это далеко не единственный пример некорректно представленной исходной информации,

применяемой при разработке и последующей аттестации методик. Аналогично приведенному примеру, многое современное дозиметрическое, радиометрическое и спектрометрическое оборудование оснащено программным обеспечением, которое вычисляет «неопределенность» или «погрешность» измерений, но техническая документация на это оборудование не содержит описания алгоритма расчета этих характеристик, и учесть эти данные в методиках фактически не представляется возможным. То есть складывается ситуация, когда полезной на первый взгляд автоматизированной функцией воспользоваться практически нельзя.

На третьем этапе при аттестации методик разработчик сталкивается с тем, что аккредитованные на право аттестации метрологические центры, несмотря на единую законодательную базу, все же предъявляют различные требования к комплекту документов для аттестации. Так, например, разработчик в соответствии с [1] на аттестацию, кроме проекта документа на МИ, должен представить исходные данные на разработку методик измерений, программу и результаты оценивания показателей точности методики, включая материалы теоретических и эксперимен-

тальных исследований методики измерений. Каких-либо пояснений по содержанию этих материалов руководящие документы не устанавливают. В свою очередь, [3] вообще не устанавливает требований к документам, представляемым разработчиком на аттестацию. В этой ситуации метрологические центры зачастую подходят творчески при оценке состава комплекта документов, представляемых на аттестацию. Конечно, разработчику приходится подстраиваться под эти требования, что увеличивает трудозатраты при аттестации.

Как показывает практика, проблемы при аттестации методик возникают не только у разработчиков и пользователей, но и у самих аттестующих организаций. В соответствии с [1], непосредственно процедура аттестации методик измерений не предполагает проведение апробаций МИ. Аттестация ограничивается исследованием и подтверждением соответствия методик (методов) измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям; при этом нет руководящих (нормативных) документов, которые бы обязывали организации, выполняющие аттестацию методик измерений, проводить какие-либо экспериментальные измерения и иметь в наличии весь пере-

чень оборудования и материалов, необходимых для реализации каждой конкретной методики, представленной на аттестацию. Однако по опыту, зачастую этот нюанс вызывает уже у самих аттестующих организаций трудности, связанные с необоснованными требованиями экспертных групп при прохождении процедур аккредитации и подтверждения компетентности в рамках Федерального закона «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28.12.2013 N 412-ФЗ [6].

Говоря о возможных путях решения обозначенных трудностей в отношении законодательной базы, по нашему мнению, следует указать, что введение особого понятийного аппарата по отношению к методикам, предназначенным для выполнения радиационных измерений, может быть неверно интерпретировано, в том числе и органами, осуществляющими государственный контроль и надзор. Поскольку метрологические требования к документам, устанавливающим методики измерений (МИ) ионизирующих излучений устанавливают сразу два ГОСТа и приказ огромной госкорпорации «Росатом», которая объединяет более 360 предприятий атомной отрасли, любые неясности и противоречия становятся камнем преткнове-

ния в организации метрологических экспертиз и применительной практики таких методик. У пользователей методик может возникнуть некорректное представление о необходимости иметь дополнительно к аттестованным методикам измерений еще и методики радиационного мониторинга, как отдельного вида документов, подлежащих метрологической аттестации. На наш взгляд, при разработке и аттестации методик необходимо руководствоваться в первую очередь ГОСТ Р 8.563-2009 [1], как основополагающим документом, устанавливающим требования, а остальные документы применять по возможности и в справочных целях.

Практически все измерения параметров ионизирующих излучений в той или иной степени связаны со здоровьем людей, поэтому зачастую разработанные и аттестованные методики применяются в лабораториях, аккредитованных в Национальной системе аккредитации. В связи с этим возникают отдельные вопросы, связанные с корректным выбором объектов контроля и наличием или отсутствием методов отбора и подготовки проб в итоговом документе. Эти нюансы также необходимо учесть на этапе разработки и аттестации методики измерений, так как в дальнейшем

они могут стать причинами сложностей, связанных с аккредитацией. Например, если объектом измерения по МИ является подготовленный счетный образец, и область аккредитации лаборатории не будет содержать соответствующих методов отбора проб и подготовки счетных образцов (пробоподготовки), то результаты измерений, оформленные в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [9] будет достаточно сложно привязать к конкретному объекту контроля, что затруднит их интерпретацию.

Стоит отметить, что в рамках деятельности аккредитованных лабораторий возможно применение методов, приведенных в руководящих документах (методических указаниях, ГОСТах и т. д.), но в этом случае существует ряд «подводных камней», избежать которых не так-то просто. Например, на сегодняшний день действует ряд нормативных документов, которые определяют требования и порядок проведения радиационного контроля в медицине, такие как СанПин 2.6.1.1192-03 [10], МУ 2.6.1.1982-05 [11], МУ 2.6.1.2135-06 [12] и ряд других, но они давно требуют пересмотра и актуализации.

Во-первых, потому что некоторое современное оборудование уже невозможно отнести ни к одному из видов, указанных в вышеупомянутых документах; во-вторых, на рынке средств измерений (СИ) ионизирующего излучения появились новые приборы, позволяющие проводить более точные измерения и отградуированные в единицах измерения операционных величин, что не соответствует требованиям вышеупомянутых документов; в-третьих, невозможность выполнения требований современных нормативных актов при аттестации методик измерений, в которых используются ссылки на указанные документы.

Следует указать, что большинство небольших аккредитованных испытательных лабораторий (ИЛ) не считают необходимым использовать аттестованные методики измерений, разработанные с учетом имеющихся у них современных СИ, а применяют вышеупомянутые нормативные документы и при этом не соблюдают их требования, чем, в свою очередь, нарушают критерии аккредитации национальной системы. К примеру, в соответствии с порядком проведения радиационного контроля металлолома, приведенном в документах МУК 2.6.1.1087-02 [13] и

МУК 2.6.1.2152-06 (Дополнение N 1 к МУК 2.6.1.1087-02) [14] при радиационном обследовании металлолома для зон превышения контрольного уровня необходимо измерять плотность потока альфа- и бета-излучения, а также параметры нейтронного излучения. Измерение этих показателей является неотъемлемой частью методики, приведенной в указанных документах, и содержание методики не предусматривает ее частичной реализации (по пунктам или отдельным показателям). На практике почти в 100% случаев радиационное обследование металлолома ограничивается поиском локальных источников гамма-излучения, в связи с чем лаборатории считают покупку приборов или блоков детектирования для контроля альфа-, бета- и нейтронного излучения необоснованными тратами. Другим примером и распространенной практикой является использование дозиметров ДКС-АТ1123 (рег. N 19793-19 в ФИФ ОЕИ), которые измеряют мощность амбиентного эквивалента дозы непрерывного и импульсного рентгеновского излучения, для контроля рентгеновских кабинетов. Однако при радиационном мониторинге рентгеновских кабинетов в соответствии с МУ 2.6.1.1982-05 [11] изме-

ряемой величиной выступает мощность поглощенной дозы в воздухе. Может показаться на первый взгляд, что перевести одну величину в другую несложно, но это не совсем так. Прямого легитимного перехода от поглощенной дозы к амбиентному эквиваленту дозы в руководящих документах не установлено. Для этой цели можно воспользоваться формулами, связывающими экспозиционную дозу с поглощенной дозой и экспозиционную дозу с амбиентным эквивалентом дозы, но для этого необходимо знать энергетическое распределение регистрируемых фотонов [15], либо существенно увеличивать неопределенность измерений. Еще одним примером проблем использования действующих методических указаний может являться применение документа МУ 2.6.5.032-2017 [16] для контроля радиоактивного загрязнения различных поверхностей методом мазка. Так, в формуле для расчета «снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности в месте отбора мазка» коэффициент снятия мазка ошибочно стоит в числителе вместо знаменателя, что делает невозможным применение данного документа по назначению в этой части. Причем,

указанная ошибка прослеживается из его предыдущей редакции МУК 2.6.1.016-99 [17].

Подытоживая, необходимо отметить, что обозначенные выше условные трудности могут быть решены сотрудничеством с организациями, занимающимися разработкой методик повседневно и накопившими соответствующий опыт. При выборе разработчика конкретной МИ пользователь (заказчик) должен уделять особое внимание квалификации и опыту разработчика, а также его способности применять наиболее актуальные, передовые измерительные технологии и методы для решения нестандартных задач. Также, с учетом описанных выше проблем, выбранному разработчику необходимо иметь возможность проявлять гибкость между пожеланиями пользователей (заказчиков) методик и положениями руководящих документов. Этим требованиям зачастую соответствуют небольшие коллективы ученых и инженеров, которые могут во многом составить конкуренцию крупным организациям, отличающимся своей бюрократической неповоротливостью и существенными накладными расходами,

увеличивающими сметную стоимость и сроки выполнения работ. Выбор таких разработчиков, на наш взгляд, позволяет качественно сократить расходы пользователей (заказчиков), оптимизировать временные ресурсы, при этом повысив качество итоговых документов, устанавливающих методики измерений, за счет оперативного взаимодействия между разработчиками и непосредственными пользователями и учету их конкретных измерительных потребностей.

Заключение

Таким образом, для разработки и аттестации методик измерений необходимо обладать сочетанием знаний специфики измерений, практики измерений, требований руководящих документов, метрологии ионизирующих измерений и практическим опытом написания методик и их аттестации.

Разработка методик измерений должна в себя включать не только этапы разработки и аттестации, но и учитывать аспекты применения методики в аккредитованной лаборатории с точки зрения законодательных актов об аккредитации.

Литература

1. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений. Введ. 2010-04-15. М., 2010.
2. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. N 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». Введ. 2008-12-30. М., 2008.
3. ГОСТ 8.638-2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Основные положения. Введ. 2015-07-01. М., 2015.
4. МИ 2453-2015. Рекомендация. ГСИ. Методики радиационного контроля. Общие требования. Введ. 2016-03-01. Менделеево, 2016.
5. Приказ Госкорпорации «Росатом» от 31.10.2013 N 1/10-НПА «Об утверждении метрологических требований к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии». Введ. 2014-02-27. М., 2014.
6. Федеральный закон «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28.12.2013 N 412-ФЗ. Введ. 2014-07-01. М., 2014.
7. ГОСТ 34100.3-2017. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Введ. 2018-09-01. М., 2018.
8. СТО 95 12067-2020. Приборы и аппаратура для измерения или обнаружения ионизирующих излучений. Обработка результатов измерений. Введ. 2021-01-20. М., 2021.
9. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Введ. 2019-09-01. М., 2019.
10. СанПиН 2.6.1.1192-03. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Введ. 2003-05-01. М., 2003.
11. МУ 2.6.1.1982-05. Проведение радиационного контроля в рентгеновских кабинетах. Введ. 2005-06-01. М., 2005.
12. МУ 2.6.1.2135-06. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при лучевой терапии закрытыми радионуклидными источниками. Введ. 2007-01-01. М., 2007.
13. МУК 2.6.1.1087-02. Радиационный контроль металлолома. Введ. 2002-03-01. М., 2003.
14. МУК 2.6.1.2152-06. Радиационный контроль металлолома. Дополнение 1 к МУК 2.6.1.1087-02. Введ. 2007-03-01. М., 2007.
15. ГОСТ 8.087-2000. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Установки дозиметрические рентгеновского и гамма-излучений эталонные. Методика поверки по мощности экспозиционной дозы и мощности кермы в воздухе. Введ. 2002-01-01. М., 2002.
16. МУ 2.6.5.032-2017. Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей. Введ. 2017-05-05. М., 2017.
17. МУК 2.6.1.016-99. Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов. Методические указания по методам контроля. Введ. 1999-09-10. М., 1999.

Current Problems in the Development and Certification of Measurement Methods in the Field of Radiation Monitoring

Makarenko Anton (Scientific Technical Centre Ecologix Lab Ltd, Saint-Petersburg, Russia);

Yakovenko Aleksey, Potapov Roman (Union for the Protection of Environmental Rights of the Population of the Moscow Region, Sergiev Posad, Russia);

Didyk Andrey (Scientific Technical Centre Ecologix Lab Ltd, Saint-Petersburg, Russia);

Ivanova Irina (Rostov Center for Standardization and Metrology, Rostov-on-Don, Russia)

Abstract. The article discusses the features of the development and certification of measurement methods in the field of radiation monitoring, including measurements at nuclear power facilities. The results of the analysis of actual problems related to the development and certification of methods are presented.

Key words: *methods of measurement, radiation monitoring, certification of methods, methods of measurement of ionizing radiation, methods of radiation measurements, development of*

А.Н.Макаренко (ген.директор) – ООО «НТЦ «ЭкологджиксЛаб», г. С.-Петербург;

А.А.Яковенко (к.т.н., эксперт), Р.В.Потапов (к.т.н., эксперт) – Союз защиты экологических прав населения московской области, г. Сергиев Посад;

А.В.Дидык (н.с.) – ООО «НТЦ «ЭкологджиксЛаб», г. С.-Петербург;

И.А.Иванова (к.ф.-м.н., эксперт) – ФБУ «Ростовский ЦСМ», г. Ростов-на-Дону.

Контакты: тел. +7 (921) 324-10-98; e-mail: lexxst@inbox.ru.