

Идентификация мониторов в системе АКРО и их метрологическое обеспечение

И. А. ХАРИТОНОВ, Н. Д. ВИЛЛЕВАЛЬДЕ, А. В. ОБОРИН

Рассмотрена идентификация мониторов в качестве рабочих средств измерений в ряду технических средств аппаратуры контроля радиационной обстановки (АКРО). Приведен перечень типов мониторов, зарегистрированных в Госреестре СИ РФ по результатам испытаний, проведенных во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Показано соответствие стандартов США и России, регламентирующих порядок проведения испытаний и эксплуатации мониторов.

The identification of the monitors as working measuring means in a number of instrumentation for controlling radiation conditions (ACRC) have been considered. The nomenclature of the monitor types submission into the State Register of Measuring Instruments of the Russian Federation by results of trials spent by the D. I. Mendeleev Institute for Metrology are given. The correspondence of standards of the USA and Russia regulating the order of carrying out of trials and maintenance monitors is shown.

Одна из актуальных проблем, связанных с реализацией Закона РФ «О радиационной безопасности населения» [1], состоит в предотвращении несанкционированного перемещения радиоактивных материалов через контрольно-пропускные пункты предприятий, применяющих радиоактивные материалы и радиационные технологии, и посты таможенных переходов. В соответствии со ст. 7 этого Закона все операции, связанные с обеспечением радиационной безопасности использования радиоактивных материалов и радиационных технологий, отнесены к сфере государственного надзора и контроля. Это относится как к обеспечению физической защиты ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ (ст. 49 Закона РФ «Об использовании атомной энергии» [2]), так и к транспортированию радиоактивных источников и обнаружению объектов, нерадиоактивных по своей природе, но загрязненных радионуклидами (ст. 8 Закона РФ «О радиационной безопасности населения»).

В системе государственного учета и контроля радиоактивных веществ для этих целей используется аппаратура контроля радиационной обстановки (АКРО), предназначенная также для обнаружения радиоактивных делящихся материалов, радионуклидных источников гамма- и нейтронного излучения, а также ионизирующего излучения, которое вызвано локальными загрязнениями, содержащими техногенные и естественные радионуклиды. Поскольку технические средства АКРО применяются для целей контроля потенциально опасных объектов, актуально обеспечение достоверности их показаний.

В соответствии с ГОСТ 29074—91 [3] технические средства, входящие в состав АКРО, классифицируются по ряду признаков, в частности по назначению, контролируемому радиационному параметру, виду ионизирующего излучения и т. д. По назначению технические средства подразделяются на образцовые, рабочие средства измерений и индикаторы. Вопрос идентификации мониторов в ряду технических средств АКРО является принципиальным, так как в соответствии с

п. 1.2.7 ГОСТ 29074—91 для разных по функциональному назначению типов технических средств предусмотрен свой порядок метрологического обеспечения. Здесь следует указать на принципиальные различия, существующие между типами технических средств: собственно средствами измерений, техническими средствами с нормируемыми характеристиками и индикаторами.

Средства измерений (СИ), независимо от того, имеют ли они шкалу или выполнены в виде пороговых измерителей-сигнализаторов, градуируются в единицах физических величин: активности радионуклидов (эквивалентной массы ^{235}U), мощности эквивалентной дозы излучения и т. д. Градуировка шкалы или порог срабатывания, установленные в процессе первичной поверки при выпуске из производства, не могут быть произвольно изменены пользователем. Средства измерений подлежат периодической поверке в соответствии с действующими правилами.

Технические средства с нормируемыми характеристиками (ТСНХ) в отличие от СИ градуируются в относительных единицах, например, скорости счета импульсов регистрации излучения, которая в зависимости от конкретной ситуации может соответствовать изменению плотности потока частиц или активности радионуклидов. Приборы типа ТСНХ имеют нормируемые характеристики, например, линейность — у приборов со шкалой или вероятность ложных срабатываний — у сигнализаторов. Порог срабатывания сигнализаторов часто устанавливают соответствующим скорости счета радиационного фона в месте расположения сигнализаторов, умноженной на нормированный коэффициент. При выпуске из производства для ТСНХ определяют значения нормируемых характеристик и заносят в паспорт. Приборы ТСНХ не подлежат периодической поверке, но в соответствии с ГОСТ 29074—91 проводится их техническое обслуживание, которое включает проверку значений нормированных характеристик, указанных в паспорте, по методике, приведенной в технической документации на прибор.

Индикаторы — это технические средства, которые не имеют нормированных характеристик и предназначены для обнаружения ионизирующего излучения или изменения его интенсивности в месте расположения индикатора. Порог срабатывания индикатора устанавливается пользователем в зависимости от конкретной задачи. Индикатор не подлежит проверке, и его функционирование контролирует сам пользователь любым удобным способом, например, с помощью контрольного источника.

Перечисленные выше технические средства не сравнивают между собой, так как они предназначены для решения различных функциональных задач. В частности, из приведенного краткого анализа видно, что ни ТСНХ, ни индикаторы не могут быть разделены на классы по чувствительности и иметь порог срабатывания, проградуированный в единицах массы ^{235}U , ^{239}Pu и т. д. Возможно, это обстоятельство учли в числе прочих при разработке ГОСТ 29074—91 и мониторы наряду с измерителями-сигнализаторами отнесли к рабочим средствам измерений, в отношении которых можно установить процедуру классификации по чувствительности (определение порога обнаружения в единицах физической величины).

Физическая защита объектов, применяющих радиационные технологии, как правило, строится по принципу многократного дублирования, поэтому в ее составе можно использовать как мониторы, так и ТСНХ, и индикаторы. Ниже рассмотрены некоторые результаты испытаний мониторов, которые могут дать определенные представления о возможности использования технических средств этого типа в системах физической защиты.

Мониторы как рабочие средства измерений (РСИ) в соответствии с ПР 50.2.009—94 «Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений» [4] должны проходить испытания с целью утверждения типа и внесения его в Госреестр СИ РФ. В зависимости от контролируемого радиационного параметра мониторы при первичной проверке в процессе испытаний градуируются в единицах активности радионуклидов, плотности потока ионизирующих частиц, мощности эквивалентной дозы излучения. При проведении испытаний разрабатывается комплект документации, включающий протоколы измерений метрологических и эксплуатационных характеристик, описание типа и методику периодической проверки монитора. Таким образом, мониторы, включенные в Госреестр СИ РФ как рабочие средства измерений, автоматически попадают в сферу обязательного государственного контроля и надзора, что соответствует требованиям указанных выше законов РФ и обеспечивает необходимую достоверность их показаний при эксплуатации. В Госреестре РФ в качестве государственного центра в области испытаний средств измерений аккредитован ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Его лаборатория государственных эталонов в области измерений ионизирующих излучений проводит испытания мониторов АКРО с целью утверждения их типа в соответствии с требованиями действующих стандартов [3, 5—7], а также ОСТ 95 10539—97 [8].

В процессе испытаний всех мониторов определяются как метрологические характеристики (чувствительность, минимально обнаруживаемая активность, частота ложных срабатываний при заданном уровне доверительной вероятности), так и эксплуатационные (изменение характеристик в рабочих условиях эксплуатации при воздействии внешних факторов: температуры, давления, относительной влажности окружающего воздуха, механических воздействий, внешнего радиа-

ционного фона и изменении напряжения источников питания). Перечень типов мониторов АКРО, прошедших испытания в лаборатории, приведен в таблице.

Особенность порталных мониторов АКРО состоит в том, что наряду с показателями назначения [3] у них нормируется порог обнаружения, который в соответствии с [8] определяется как минимальная масса ядерного материала в минимально излучающей конфигурации, которую способен обнаружить монитор. Поэтому при проведении испытаний этих мониторов использовали эталонные меры потока фотонного излучения ^{235}U и потока нейтронов деления, которые разработаны специалистами НТЦ «ЯФИ» и НПО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» для проведения испытаний приборов радиационного контроля, применяемых в Минатоме, на соответствие стандарту отрасли [8].

Для калибровки порогов обнаружения пешеходных радиационных мониторов применяли эталонные (образцовые) источники гамма-излучения на основе ^{235}U типа ГУ5.РО1 (партия из трех штук) — меры потока фотонов гамма-излучения. Каждый источник представляет собой герметичную цилиндрическую капсулу, выполненную из нержавеющей стали, в которую помещен радиоактивный материал (^{235}U) в виде металлического шара. Масса активной части равна 1, 3, 10 г. Источники прошли испытания и внесены в Госреестр под № 18344—99.

Эталонные меры потока фотонного излучения ^{235}U типа ГУ5.РО2.1206 (№ 2, 3, 4, 6, 7) для калибровки порогов обнаружения транспортных радиационных мониторов представляют собой герметичные цилиндрические капсулы из нержавеющей стали, внутри которых находится активная часть из порошкового графита, пропитанного закисью-окисью урана. Набор эталонных мер по потоку фотонов соответствует набору мер в виде металлических шаров по эквивалентной массе ^{235}U — 30, 50, 110, 220, 370, 750, 1000 г. Эталонные меры прошли испытания с целью утверждения типа и внесены в Госреестр СИ РФ под № 18791—99.

В качестве эталонных мер потока нейтронов для калибровки порогов обнаружения транспортных мониторов используются радионуклидные источники из ^{252}Cf . Каждый из них представляет собой цилиндрическую капсулу из нержавеющей стали, в которую помещен радиоактивный материал ^{252}Cf в виде металлической пленки, нанесенной термооксидным способом на внутреннюю поверхность дна корпуса источника. Источники аттестованы на государственном первичном эталоне потока и плотности потока нейтронов, прошли испытания и внесены в Госреестр под № 18343—99.

В комплект документов, составляемый по испытаниям каждого монитора, включены протоколы измерений характеристик, описание типа монитора и методика его периодической проверки, разработанная с учетом использования поверочными лабораториями серийно выпускаемых аттестованных радионуклидных источников излучения.

Таким образом, проведение испытаний мониторов АКРО с целью утверждения типа и внесение в Госреестр СИ РФ соответствуют требованиям действующих стандартов РФ и позволяют выполнить все требования надзорных органов РФ к техническим средствам, применяемым для целей радиационного контроля.

В настоящее время мониторы широко используются в физической защите и на контрольно-пропускных пунктах предприятий, применяющих радиационные технологии, на таможенных переходах — для обнаружения несанкционированного перемещения источников ионизирующих излучений, при

Мониторы АКРО, прошедшие испытания во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева и внесенные в Госреестр СИ РФ

| Название монитора | Фирма (город, страна) | Номер монитора в Госреестре |
|---|--|----------------------------------|
| Индикатор суммарной плотности потока нейтронов и гамма-излучения РПС-01 «Кордон» | «Позитрон GmbH», (Желтые Воды, Украина) | 15450—96 |
| Система обнаружения делящихся и радиоактивных материалов стационарная таможенная «Янтарь» | НПЦ «Аспект» (Дубна, Россия) | 16756—97 |
| Монитор порталный пешеходный для обнаружения ядерных материалов КРП-02РК | АООТ НТЦ РАТЭК (С.-Петербург, Россия) | 17354—98 |
| Комплекс технических средств радиационного контроля «Ореол» | ГНЦ ЦНИИ робототехники и технической кибернетики (С.-Петербург, Россия) | 18596—99 |
| Система входного автоматизированного радиационного контроля бытовых отходов САРК-Б0, № 01, 02 | ВИРГ-Рудгеофизика (С.-Петербург, Россия) | 17292—98 19321—00 |
| Устройство сигнальное для контроля уровня гамма-излучения (совместимое с металлодетектором SENTRIE HS-4w) КРП-06РМ, № 07, 08, 09, 10; КРП-06РМ 1, № 01—05 | АООТ НТЦ РАТЭК (С.-Петербург, Россия) | 17356—98 17355—98 17782—98 |
| Устройство сигнальное для контроля уровня гамма-излучения в проходном шлюзе КРП-08РШ, № 01, 02 | То же | 18163—99 |
| Устройство сигнальное для выявления банкнот с радиоактивными загрязнениями КРД-02РБ № 01 | «—» | 17076—98 |
| Устройство сигнальное для дополнительного радиационного контроля размещенных на тележке установок денежных знаков КРД-04Р, № 05 | «—» | 17075—98 |
| Устройство сигнальное для контроля уровня гамма-излучения при входе сотрудников и клиентов в здание, КРП-06РМ, № 01 | «—» | 17074—98 |
| Устройство индивидуального контроля РМ-7, № 324, 359 | «Eberline Instruments» (Санта-Фе, США) | 17532—98 |
| Монитор радиационный порталный пешеходный КСАР1У.032 | КЦ «Атомбезопасность» (Москва, Россия), НТЦ «ЯФИ» (С.-Петербург, Россия), Электромеханический завод «Авангард» (Саров, Россия) | 19348—00 |
| Монитор радиационный порталный транспортный КСАР1У.041 | То же | 19346—00 |

входном контроле металлолома на металлургических комбинатах и т. д. В большинстве случаев перед мониторами ставится задача обнаружения широкой номенклатуры источников ионизирующих излучений: радионуклидных источников промышленного назначения, в том числе радиоактивных делящихся материалов (РДМ), продукции, загрязненной радионуклидами, металлолома, строительных материалов и т. д. В отдельных случаях мониторы предназначены для выполнения узкоспециальных задач, например, для предотвращения несанкционированного перемещения РДМ.

При проведении испытаний с целью утверждения типа к мониторам предъявляются унифицированные требования, поэтому характеристики мониторов, установленные в процессе испытаний, позволяют заказчику сравнить мониторы и выбрать в реестре наиболее подходящий тип. Вместе с тем, в лабораторных условиях невозможно моделировать все возможные варианты применения мониторов и условия их эксплуатации, поэтому вопрос об их испытаниях на соответствие конкретным требованиям заказчика целесообразно решать следующим образом.

В тех случаях, когда мониторы предназначаются для решения целенаправленных задач, например, контроля РДМ в физической защите предприятий, металлолома на металлургических заводах и т. д., могут быть разработаны по инициативе заказчика специальные программы сертификационных испытаний на соответствие требованиям заказчика. На этих

испытаниях могут определяться необходимые заказчику характеристики с использованием в качестве объектов обнаружения реальных РДМ, промышленных источников ионизирующего излучения, объемных мер активности, имитирующих загрязнение радионуклидами продукции, строительных материалов и т. д. Подобные испытания могут проводиться также в условиях тендера с целью выбора одного типа монитора из нескольких, зарегистрированных в Госреестре. И, наконец, в общем случае, если речь идет о применении монитора определенного типа на конкретном предприятии, могут быть проведены испытания с использованием объектов обнаружения, характерных для данного предприятия, непосредственно в условиях этого предприятия.

Так, на радионуклидных комбинатах радиоактивные вещества, подлежащие контролю, существуют как в виде собственно РДМ, так и в виде источников ионизирующих излучений различных типов. Поэтому при испытаниях с целью утверждения типа мониторов, предназначенных для применения в физической защите радионуклидных предприятий, должны быть определены характеристики мониторов, регламентированных стандартом [6]. После установки монитора на предприятии при необходимости могут быть проведены дополнительные испытания с конкретными РДМ, имеющимися на предприятии.

Мониторы, устанавливаемые на таможенных переходах, предназначены для обнаружения несанкционированного перемещения любых радиоактивных веществ: РДМ, промышленных источников ионизирующего излучения, продукции, загрязненной радионуклидами, и т. д. Поэтому характеристики мониторов, предназначенных для таможенных переходов, также должны определяться при лабораторных испытаниях в соответствии с [6]. После установки монитора на месте эксплуатации могут быть проведены дополнительные испытания с использованием образцов РДМ, объемных мер активности радионуклидов и т. д.

Важно отметить, что требования к законности применения мониторов в системах АКРО любого типа со стороны государства полностью исчерпываются проведением испытаний с целью утверждения их типа как РСИ и включением в Госреестр СИ РФ. Мониторы, внесенные в Госреестр СИ РФ, становятся также легитимными с точки зрения требований Госатомнадзора и Госсанэпиднадзора и могут применяться на любых объектах, расположенных на территории России. В то же время возможность проведения любых дополнительных испытаний, в частности, с объектами, подлежащими обнаружению в условиях заказчика, государственными актами не лимитируются. Организация, методы проведения и использование результатов дополнительных испытаний относятся к компетенции заказчика в рамках его индивидуальных соглашений с изготовителем.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что все сказанное выше представляет собой узаконенную действующими метрологическими нормативными документами позицию в отношении любых типов мониторов АКРО вне зависимости от их назначения.

Представляет интерес сравнение принципов испытаний мониторов АКРО в России и США. Это можно сделать на примере мониторов РДМ, по испытаниям которых в США накоплен значительный опыт. В США все вопросы, относящиеся к применению мониторов РДМ, регламентируются стандартами Американского общества по контролю и материалам (ASTM) [9—12]. В соответствии с п. 3.1.8 С 993—92 [12] «монитор РДМ—система детектирования излучения, которая измеряет интенсивность окружающего излучения и определяет порог тревоги по результату измерения. При мониторинге эта система подает сигнал тревоги, если измеренная интенсивность излучения превышает установленный порог тревоги». Поскольку в определении речь идет о результатах измерений интенсивности (потока) излучения, то очевидно, что в терминологии, принятой в России, монитор соответствует рабочему средству измерений согласно [13]. Стандарт С 1112—93 [9] «снабжает пользователя информацией по применению мониторов». Стандарт С 1169—92 [10] «рассматривает способы проведения сравнения работы различных пешеходных мониторов РДМ в специальных лабораторных условиях». В стандарте С 1189—91 [11] приведена схема взаимодействия пользователя монитора с каждым из указанных выше стандартов. Очевидно, что имеет место аналогия лабораторных испытаний в США с испытаниями с целью утверждения типа средства измерений, так как их целью является установление нормированных характеристик мониторов и представление информации пользователю для выбора подходящего типа. После лабораторных испытаний в соответствии с С 1169—92 проводится калибровка монитора, установленного у пользователя с использованием стандартных источников РДМ. Согласно С 1112—93 и п. 1.2 С 1189—91 предлагается проводить калибровку и тестирование мониторов при установке, а также при эксплуатации через каждые

три месяца. И, наконец, в соответствии с п. 1.1.2 С 993—92, дается оценка работы монитора, установленного на рабочем месте после того, как он был прокалиброван. Очевидно, что калибровка мониторов по стандарту С 1189—91 в целом соответствует процедуре дополнительных испытаний монитора на реальных объектах заказчика, а оценка работы монитора, установленного на рабочем месте согласно С 993—92, — принятой в России периодической поверке по методике, разработанной при испытаниях средства измерений с целью утверждения типа.

Анализ номенклатуры метрологических и эксплуатационных характеристик, определяемых при испытаниях мониторов в соответствии со стандартами России и США, показывает, что нормируемые характеристики с учетом особенностей терминологии совпадают. При определении характеристик мониторов в США используют стандартные контрольные источники из специальных ядерных материалов в виде металлической сферы или куба, при калибровке и поверке мониторов также применяют нейтронные источники из ^{252}Cf , гамма-источники из ^{137}Cs и ^{133}Ba . Видно, что, несмотря на различие геометрических параметров, контрольные источники США аналогичны эталонным мерам, применяемым при испытаниях с целью утверждения типа СИ в России.

Таким образом, сравнение принципиальных особенностей подходов к испытаниям мониторов РДМ показывает, что при определенных различиях в процедурах калибровки и источниках, используемых при испытаниях, логика метрологического обеспечения мониторов РДМ в России и США совпадает. В США проводятся лабораторные испытания, в России — испытания с целью утверждения типа СИ, в ходе которых устанавливаются метрологические и эксплуатационные характеристики, осуществляются калибровка монитора после его установки в условиях пользователя и периодическая поверка мониторов при их эксплуатации.

Реальным подтверждением идентичности подходов являются результаты испытаний мониторов КЦ «Атомбезопасность», АООТ НТЦ РАТЭК и НПЦ «Аспект», проведенных американскими специалистами из Лосаламосской Национальной Лаборатории (LANL), в процессе которых были подтверждены значения порогов обнаружения мониторов, установленные во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева при их испытаниях с целью утверждения типа.

Таким образом, опыт, накопленный ВНИИМ им. Д. И. Менделеева при проведении испытаний мониторов АКРО, можно обобщить в виде следующих выводов:

1. Классификация мониторов АКРО как рабочих средств измерений позволяет проводить их испытания с целью утверждения типа и включения в Госреестр СИ РФ. При этом полностью удовлетворяются требования законов РФ к техническим средствам, используемым для радиационной защиты населения, и обеспечивается государственный надзор в процессе их эксплуатации путем периодической поверки.

2. Испытания и периодическую поверку мониторов необходимо проводить на соответствие действующим стандартам РФ с использованием мер, которые аттестованы на государственных эталонах РФ, периодически участвующих в ключевых сличениях национальных эталонов.

3. Внесение мониторов в Госреестр СИ РФ позволяет заказчику сравнивать характеристики мониторов и выбирать необходимый ему тип. По инициативе заказчика могут быть проведены дополнительные испытания мониторов в условиях и с объектами обнаружения, заявленными заказчиком. Дополнительные испытания могут также проводиться с целью сравнения характеристик мониторов, внесенных в Госреестр СИ РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Российской Федерации «О радиационной безопасности населения».
2. Закон Российской Федерации «Об использовании атомной энергии».
3. ГОСТ 29074—91. Аппаратура контроля радиационной обстановки. Общие требования.
4. ПР 50.2.009—94. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений.
5. ГОСТ 4.59—79. СПКП. Средства измерений ионизирующих излучений. Номенклатура показателей.
6. ГОСТ 27451—87. Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия.
7. ГОСТ 23923—89. Средства измерений удельной активности радионуклидов. Общие технические требования и методы испытаний.

8. ОСТ 95 10539—97. Оборудование радиационного контроля ядерных материалов. Общие технические требования и методы испытаний.

9. C 1112—93. Guide for Application of Radiation Monitors to the Control and Physical Security of Special Nuclear Material // Annual Book of ASTM Standards. — V. 12.01.

10. C 1169—92. Guide for Laboratory Evaluation of Automatic Pedestrian SNM Monitor Performance // Ibid.

11. C 1189—91. Guide to Procedures for Calibrating Automatic Pedestrian SNM Monitors // Ibid.

12. C 993—92. Guide for In-Plant Performance Evaluation of Automatic Pedestrian SNM Monitors // Ibid.

13. ГОСТ 16263—70. Метрология. Термины и определения.

Дата одобрения 20.04.2000 г.