

Транспортные и пешеходные радиационные мониторы

Е. В. Быстров, П. Н. Васильев, А. Н. Лопин, В. А. Николаев, С. В. Прибылев
Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», Минск, Республика Беларусь
info@atomtex.com

Аннотация. В докладе представлены основные характеристики оборудования разработки и производства предприятия «АТОМТЕХ», которое применяется для стационарного радиационного контроля в пунктах пропуска автомобильного, железнодорожного, авиационного и морского транспорта, а также для радиационного контроля пешеходов.

Ключевые слова: установка радиационного контроля; транспортный радиационный монитор; пешеходный радиационный монитор; пункт пропуска; радиационный контроль

I. ВВЕДЕНИЕ

Проблема незаконного оборота и непреднамеренного перемещения радиоактивных материалов становится все более актуальной. Так, «бесхозные» радиоактивные источники, не находящиеся под контролем регулирующих органов, часто становились причиной серьезного облучения и загрязнения обширных территорий. Несмотря на то, что незаконный оборот ядерных и других радиоактивных материалов явление далеко не новое, за последние несколько лет вопрос о существовании «черного рынка» ядерных материалов стал более актуальным, особенно из-за его связи с террористическими угрозами [1]. Важнейшим элементом обеспечения радиационной безопасности критической инфраструктуры являются стационарные порталные мониторы. Они устанавливаются на контрольно-пропускных пунктах, например, на автомобильных и железнодорожных пограничных переходах, в аэропортах и морских портах и представляют собой устройства, предназначенные для обнаружения ядерных материалов и радиоактивных веществ по их гамма- и (или) нейтронному излучению [2]. Регистрация и анализ ионизирующего излучения в порталных мониторах осуществляется методом сравнения излучения контролируемого объекта с уровнем фонового излучения в месте использования монитора без непосредственного измерения численного значения какой-либо нормированной характеристики излучения [3].

Предприятием «АТОМТЕХ» разработано и производится оборудование, предназначенное для обеспечения радиационного контроля в транспортных и пешеходных пунктах пропуска. К нему относятся такие изделия как измеритель-сигнализатор СРК-АТ2327 (транспортное и пешеходное исполнение), установка радиационного контроля УРК-АТ2329, установка радиационного контроля УРК-АТ6110, мониторы

радиационные пешеходные МРП-АТ920В, МРП-АТ920Р, МРП-АТ930.

II. ТРАНСПОРТНЫЕ МОНИТОРЫ

В настоящее время в Республике Беларусь и Российской Федерации для радиационного контроля транспорта сертифицирован и серийно поставляется измеритель-сигнализатор СРК-АТ2327 в специальном исполнении. В качестве детекторов гамма-излучения в зависимости от исполнения используются блоки детектирования БДКГ-19 на основе сцинтиллятора NaI(Tl) размером $\varnothing 63 \times 160$ мм, блоки детектирования БДКГ-35 на основе пластмассовых сцинтилляционных детекторов размером $\varnothing 70 \times 150$ мм, блоки детектирования БДРМ-05 на основе пластмассовых сцинтилляторов размером $1000 \times 100 \times 50$ мм. В блоке детектирования для регистрации нейтронного излучения БДКН-05 в качестве детектора используются два пропорциональных счетчика гелий-3 размером $\varnothing 30 \times 350$ мм, помещенные для увеличения чувствительности в замедляющую быструю нейтроны насадку из полиэтилена. Измеритель-сигнализатор СРК-АТ2327 в режиме сканирования определяет превышение значения порогового уровня скорости счета импульсов при регистрации гамма- и нейтронного излучения и обеспечивает звуковую и визуальную сигнализацию. Измеритель-сигнализатор СРК-АТ2327 в таком составе может также использоваться для радиационного контроля в пешеходных пунктах пропуска.

В 2022 г. закончена разработка и в настоящее время идет подготовка к государственным испытаниям установки радиационного контроля УРК-АТ2329 (рис. 1).



Рис. 1. Установка радиационного контроля УРК-АТ2329

Это изделие является наиболее современным и перспективным изделием в линейке продукции УП «АТОМТЕХ» для обнаружения ядерных материалов и радиоактивных веществ по их гамма- и нейтронному излучению на автомобильных и железнодорожных пунктах пропуска. Установка УРК-АТ2329 характеризуется высокой чувствительностью и представляет собой стационарное устройство, в состав которого входят блок управления и блоки измерения гамма- и нейтронного излучения, в зависимости от варианта исполнения. Измерение осуществляется интеллектуальными блоками детектирования гамма-излучения БДРМ-11 на основе пластмассового сцинтилляционного детектора размерами 1000×220×50 мм (объемом 11 л) и нейтронного излучения БДКН-08. Блок детектирования БДРМ-11 за счет большего объема значительно превосходит по чувствительности блоки детектирования БДКГ-19, БДКГ-35 и БДРМ-05, используемые в измерителе-сигнализаторе СРК-АТ2327. Блок детектирования БДКН-08 выполнен на основе пропорционального гелий-3 счетчика нейтронов размерами Ø30×960 мм, окруженного полиэтиленовым замедлителем нейтронов.

Управление и сбор данных осуществляется блоком управления. Обмен информацией осуществляется по интерфейсу RS-485. Передача данных на автоматизированное рабочее место оператора может осуществляться по интерфейсу RS-485 или Ethernet.

Датчики присутствия задают режимы работы установок. После включения установки и при условии отсутствия объекта в зоне контроля по результатам измерения контрольного фонового излучения рассчитывается пороговый уровень скорости счета гамма-излучения или гамма-нейтронного излучения и происходит переход в режим «Фон». При пересечении объектом зоны контроля срабатывают датчики присутствия, установка переходит в режим сканирования, в котором выполняются измерения в присутствии объекта контроля и анализ результатов измерений на превышение порогов обнаружения. При превышении порога обнаружения включается звуковая сигнализация и индикация красного или синего цвета в зависимости от обнаруженного источника излучения. Выполняется категоризация источников гамма-излучения. В установках предусмотрена возможность подключения видеокamеры.

Установки УРК-АТ2329 обнаруживают в центре зоны контроля минимальные количества радиоактивных материалов, приведенные в табл. I.

ТАБЛИЦА I. МИНИМАЛЬНЫЕ ОБНАРУЖИВАЕМЫЕ КОЛИЧЕСТВА РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ УРК-АТ2329

Параметры зоны контроля* L × H, м	²⁴¹ Am, МБк	¹³⁷ Cs, МБк	⁶⁰ Co, МБк	²⁵² Cf, нейтр.·с ⁻¹	²²⁶ Ra, МБк
5×4,5	1,3	0,15	0,08	9·10 ³	5,8

Данные приведены для вероятности 0,9 при доверительной вероятности не менее 0,95,

при естественном радиационном фоне гамма-излучения не более 0,10 мкЗв/ч и для установок УРК-АТ2329, состоящих из 4-х блоков детектирования гамма-излучения и 4-х блоков детектирования нейтронного излучения при скорости движения автомобильного транспорта 8 км/ч.

Установки классифицируют превышение порога обнаружения, вызванного естественными радиоактивными материалами, и обеспечивают звуковую и визуальную сигнализацию. Установка способна обнаружить гамма-излучение от техногенного радиоактивного источника на фоне гамма-излучения от естественных источников излучения.

В установке предусмотрена возможность совместной работы с досмотровыми сканерами рентгеновского излучения, которые могут вызвать повышение уровня фона установки в момент работы или ложные срабатывания. При получении сигнала блокировки установки и после его отключения в течение 5 с установка не анализирует данные от блоков детектирования. Для корректной работы сигнал блокировки должен подаваться при свободной зоне контроля установки.

III. ПЕШЕХОДНЫЕ МОНИТОРЫ

Предприятием АТОМТЕХ серийно производится оборудование для радиационного контроля пешеходов. К нему относится измеритель-сигнализатор СРК-АТ2327 в составе монитора радиационного пешеходного МРП-АТ920В, МРП-АТ920Р (рис. 2а), а также новая разработка – монитор радиационный пешеходный МРП-АТ930 (рис. 2б, 2в).

Специальным пешеходным исполнением измерителя-сигнализатора СРК-АТ2327 являются переносные стойки – мониторы радиационные пешеходные МРП-АТ920В и МРП-АТ920Р. Стойки оборудованы сигнализатором, блоком детектирования гамма-излучения БДКГ-19 (МРП-АТ920В), блоком детектирования гамма-излучения БДКГ-35 (МРП-АТ920Р), панелью управления с информационными светодиодами и разъемом для подключения к ПК. Приборы не требуют обслуживания и настройки, а также оборудованы аккумулятором для обеспечения резервного питания. Прибор имеет большой набор сервисных функций (самоконтроль в процессе работы, дистанционное задание параметров и быстрый расчет порогов тревоги, звуковую и световую сигнализацию, накопление и передачу результатов измерений) и может размещаться как в помещениях, так и на открытом воздухе, что позволяет ему найти применение на контрольно-пропускных пунктах различного назначения.

Отличительной особенностью монитора МРП-АТ930 является использование высокочувствительного интеллектуального блока детектирования БДРМ-05 на основе пластмассового сцинтилляционного детектора 1000×100×50 мм и наличие большого набора сервисных функций. Прибор полностью соответствует международному стандарту IEC 62244:2006

«Стационарные радиационные мониторы для обнаружения радиоактивных и специальных ядерных материалов на государственных границах».



Рис. 2. Монитор

В отличие от изделий серии МРП-АТ920 режимом работы монитора МРП-АТ930 управляет датчик присутствия. Монитор в режиме обнаружения определяет превышение порогового уровня скорости счета гамма-излучения при регистрации гамма-излучения и индицирует звуковую и световую сигнализацию красного цвета. Время определения превышения порога обнаружения гамма-излучения составляет не более 3 с.

Монитор МРП-АТ930 обнаруживает в центре зоны контроля минимальные количества ядерных и радиоактивных материалов, приведенные в табл. II. Данные приведены для вероятности 0,8 при доверительной вероятности не менее 0,95, при естественном радиационном фоне гамма-излучения не более 0,10 мкЗв/ч, при ширине прохода от 0,8 до 1,5 м, высоте контролируемого пространства от 0,05 до 2,0 м и максимальной скорости прохода 1,2 м/с.

ТАБЛИЦА II. МИНИМАЛЬНЫЕ ОБНАРУЖИВАЕМЫЕ КОЛИЧЕСТВА РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ МРП-АТ930

Параметры зоны контроля * L × H, м	²⁴¹ Am, МБк	¹³⁷ Cs, МБк	⁶⁰ Co, МБк	¹³³ Ba МБк	²³⁵ U, г	²³⁹ Pu, г
	0,8×2	0,550	0,06	0,03	0,05	25
1,5×2	1,35	0,14	0,075	0,12	60	1,60

* L ширина прохода; H высота прохода контролируемого пространства

IV. МОНИТОРЫ БЫСТРОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ

Предприятием разработана установка радиационного контроля УРК-АТ6110 (рис. 3), являющаяся современной высокочувствительной системой быстрого развертывания. Установка обеспечивает непрерывный радиационный контроль с целью обнаружения источников гамма- и нейтронного излучения в транспортных средствах, грузах и потоке пешеходов с определением типа источника гамма-излучения как

естественного или техногенного. Установка УРК-АТ6110 состоит из одного или двух измерителей, каждый в составе с блоком детектирования гамма-излучения БДРМ-05 на основе детектора из сцинтилляционной пластмассы, одного или двух счетных блоков детектирования нейтронного излучения БДКН-05 на основе счетчиков с гелий-3. Для устойчивости системы и обеспечения необходимой геометрии измерений измерители устанавливаются на специальные рамы. Управление УРК-АТ6110 осуществляется с планшетного ПК.



Рис. 3. Установка радиационного контроля УРК-АТ6110: а) измеритель УРК-АТ6110; б) планшетный ПК; в) УРК-АТ6110 в эксплуатации

В табл. III приводятся значения порогов обнаружения незранированных источников при естественном радиационном фоне не более 0,1 мкЗв/ч (вероятность обнаружения источника 80 % при доверительной вероятности P=0,95). Значения приведены для автомобильного транспорта при скорости движения 8 км/ч и для системы, включающей 2 измерителя с каждой стороны. В каждом измерителе расположены один блок детектирования БДРМ-05 и два блока детектирования БДКН-05.

ТАБЛИЦА III. МИНИМАЛЬНО ОБНАРУЖИВАЕМЫЕ КОЛИЧЕСТВА РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ УРК-АТ6110

Параметры зоны контроля * L × H, м	Минимальные обнаруживаемые количества радиоактивных материалов			
	²⁴¹ Am, МБк	¹³⁷ Cs, МБк	⁶⁰ Co, МБк	нейтронное излучение (²⁵² Cf) нейтрон·с ⁻¹
3×2	0,940	0,13	0,07	2,1·10 ⁴
	Минимальные обнаруживаемые количества радиоактивных материалов для целей категоризации			
3×2	—	0,31	0,33	—

* L ширина прохода; H высота прохода контролируемого пространства

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время наиболее перспективным направлением развития радиационных портальных мониторов является использование высокочувствительных блоков детектирования на основе пластмассовых сцинтилляторов большого объема. Чрезвычайно актуально внедрение в транспортные портальные мониторы алгоритмов,

позволяющих проводить категоризацию радионуклидов на техногенные и естественные. Для пешеходных систем представляется актуальной разработка алгоритма категоризации источников медицинского происхождения. Это объясняется высокой распространенностью методов радионуклидной диагностики и терапии. К ценной информации, которую могли бы в перспективе предоставлять порталные мониторы пунктов пропуска, относится тип объекта контроля, оценка геометрического положения источника в объекте контроля и определение наличия экранирования источника излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] IEC 62244 Radiation protection instrumentation – Installed radiation portal monitors (RPMs) for the detection of illicit trafficking of radioactive and nuclear materials
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Technical and Functional Specifications for Border Monitoring Equipment, IAEA Nuclear Security Series No. 1, IAEA, Vienna (2006).
- [3] ГОСТ Р 51635-2000 Мониторы радиационные ядерных материалов. Общие технические условия.