

# Приборное обеспечение дозиметрического и радиометрического контроля

И. А. Алексейчук, М. А. Богдан, В. Н. Вороньков, Т. М. Карайкоза, В. И. Петров  
Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», Минск, Республика Беларусь  
info@atomtex.com

**Аннотация.** В докладе представлены приборы дозиметрического и радиометрического контроля, обеспечивающие: радиационную безопасность досмотровых установок, определение радиационных уровней по мощности дозы гамма-излучения, контроль радиоактивного загрязнения альфа- и бета-радионуклидами.

**Ключевые слова:** дозиметрический и радиометрический контроль

В любом месте, где ведется работа с источниками ионизирующих излучений, обязательны к неукоснительному соблюдению все нормативы радиационной безопасности. Контроль уровней ионизирующих излучений предполагает проведение регулярных замеров радиационного фона.

Согласно [1], радиационный контроль досмотровых комплексов проводится: на рабочих местах персонала и на границе зоны ограничения доступа (внешних поверхностях стен досмотрового зала) и включает:

- контроль максимальной мощности дозы излучения на рабочих местах персонала при работе комплекса;
- контроль радиационной обстановки на границе зоны ограничения доступа (на внешних поверхностях стен досмотрового зала) при работе комплекса;
- контроль максимальной мощности дозы тормозного излучения на границе зоны ограничения доступа в области пучка излучения при работе мобильного комплекса;
- индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения.

Основные функции приборов дозиметров рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121/1123 – дозиметрия рентгеновского и гамма-излучения в широких диапазонах мощности амбиентного эквивалента дозы и энергии. Дополнительные функции – обнаружение источников мягкого и жесткого гамма-излучения, бета-излучателей, измерение импульсного (только ДКС-АТ1123) и кратковременно действующего излучения с оценкой длительности воздействия.

На рис. 1 приведены примеры контроля обстановки возле багажного сканера и операторской досмотрового комплекса грузовых автомобилей.



а) Контроль обстановки на рабочем месте оператора возле багажного сканера



б) Контроль обстановки на рабочем месте оператора ИДУК

Рис. 1. Контроль обстановки на рабочем месте оператора

Дозиметр ДКГ-АТ2533 и устройство детектирования УДКГ-37 [2] предназначены для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы и амбиентного эквивалента дозы непрерывного рентгеновского и гамма-излучения в экстремально широком диапазоне в жестких условиях эксплуатации, в том числе при аварийных ситуациях. Широкий диапазон измерения мощности дозы (до 1000 Зв/ч для БДКГ-33 из состава ДКГ-АТ2533 и до 5000 Зв/ч для БДКГ-37 из состава УДКГ-37) обеспечивается за счет того, что реализовано два измерительных канала: счетный и фотovoltaический. Счетный канал выполнен на энергоскомпенсированном счетчике Гейгера-Мюллера с применением радиационнотойких компонентов производства ОАО

«Интеграл» (Республика Беларусь) и работает при низких нагрузках от 1 мкЗв/ч до 100 мЗв/ч. Фотovoltaический канал реализован на энергоскомпенсированном кремниевом полупроводниковом детекторе, работающем в токовом режиме при высоких нагрузках более 100 мЗв/ч.

По своему конструктивному исполнению дозиметр ДКГ-АТ2533 является портативным прибором, что позволяет переносить его с места на место для оперативного контроля радиационной обстановки. В свою очередь устройство детектирования УДКГ-37 является стационарным аналогом дозиметра ДКГ-АТ2533, предназначенным для работы как в составе автоматизированных систем контроля радиационной обстановки, так и автономно.

Блоки детектирования БДКГ-33 и БДКГ-37 конструктивно выполнены в герметичном малогабаритном корпусе из нержавеющей стали (степень защиты IP68). Это позволяет применять их в жестких

механических и климатических условиях, в том числе и в труднодоступных местах. Кроме того, блоки детектирования устойчивы к воздействию статического гидравлического давления до 400 кПа, т. е. работоспособны в водных средах на глубине до 40 м.

Благодаря применению кремниевого полупроводникового детектора, работающего в токовом режиме фотovoltaического канала, дозиметр ДКГ-АТ2533 и устройство детектирования УДКГ-37 эффективно функционируют в полях импульсного излучения, т.е. позволяют измерять дозу и среднюю мощность дозы импульсного рентгеновского и гамма-излучения непосредственно в месте нахождения линейных ускорителей электронов или других установок импульсного действия [3].

На рис. 2 показан фрагмент испытаний ДКГ-АТ2533 и УДКГ-37 на медицинском ускорителе в прямом пучке импульсного излучения и сличение показаний с ионизационной камерой.



а) Установка ионизационной камеры и УДКГ-37 в пучок ускорителя



б) Показания прибора в пучке

Рис. 2. Испытания на ускорителе

Дозиметры ДКГ-АТ2533 и устройства детектирования УДКГ-37 успешно прошли испытания на нескольких установках импульсного действия с различными характеристиками. Так, на медицинских линейных ускорителях Elekta Versa HD и Varian Clinac 2300C/D генерируется импульсное излучение с энергией 6, 15 и 18 МэВ, длительностью от 1 до 3 мкс и частотой повторения импульсов от 25 до 400 Гц. На рентгеновских аппаратах «Шмель-250» и «Памир-250» генерируется импульсное излучение с энергией 60 кэВ, длительностью от 15 до 50 нс и частотой повторения импульсов 14 и 7 Гц соответственно.

Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М – носимый комбинированный многофункциональный прибор, который в зависимости от выполняемых задач, комплектуется выносными интеллектуальными блоками детектирования различного назначения. В зависимости

от набора блоков детектирования прибор предназначен для измерения в различных полях ионизирующего излучения.

В основе дозиметра-радиометра МКС-АТ1118 лежит использование сложного блока детектирования на основе «фосвич-детектора», состоящего из тонкого пластмассового сцинтиллятора (для регистрации бета-частиц) с нанесенным на его рабочую поверхность слоем сцинтиллятора ZnS(Ag) (для регистрации альфа-частиц). Данная комбинация с кристаллом NaI(Tl), регистрирующим гамма-излучение. Схематические решения обеспечивают разделение сигналов по форме импульсов. Комбинированные блоки детектирования имеют два исполнения: БДКС-01М ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) и БДКС-01 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) (рис. 3).



Рис. 3. MKC-AT1118 с блоком детектирования БДКС-01

Основным достоинством такого технического решения является возможность одновременного измерения плотности потока альфа- и бета- частиц, мощности дозы гамма-излучения с высоким качеством их разделения по виду излучения одним блоком детектирования.

Малогабаритные приборы MKC-AT6130, MKC-AT6131 и ДКГ-AT2140, предназначены для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы и амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и гамма-излучения, а также, в зависимости от исполнения, для измерения плотности потока бета-частиц с загрязненных поверхностей. Могут использоваться службами радиационного контроля и неподготовленными пользователями – населением, интересующимся уровнями радиационного фона в местах работы, проживания и отдыха, а также в учебных целях.

Альфа-сенсор ИР-AT2522 предназначен для быстрой оценки загрязнения поверхности альфа-радионуклидами, в том числе  $^{210}\text{Po}$ . Отличительной особенностью прибора является использование сцинтиллятора в комбинации с кремниевым фотоумножителем.

Индивидуальные прямопоказывающие электронные дозиметры непрерывного рентгеновского и гамма-излучения семейств ДКГ-AT2503 и ДКС-AT3509 позволяют оперативно получать информацию о дозах облучения персонала, тем самым эффективно обеспечивают выявление и предупреждение переоблучения.

Индивидуальные дозиметры ДКС-AT3509 реализованы на полупроводниковом кремниевом детекторе, что позволяет производить одновременное измерение дозовых нагрузок на внутренние органы  $\text{Hr}(10)$ , кожные покровы и слизистые оболочки  $\text{Hr}(0,07)$ .

Индивидуальные дозиметры ДКГ-AT2503 реализованы на счетчике Гейгера-Мюллера. Дополнительно возможен вариант исполнения с режимом сигнализации наличия импульсного излучения (длительностью от 10 нс). Данный режим, как индикаторный, позволяет предупредить пользователя о нахождении в поле действия импульсных полей с помощью звуковой и световой сигнализации. При этом в памяти прибора накопленный интервал, в течение

которого произошло обнаружение импульсного излучения, будет с соответствующим примечанием.

Оба семейства индивидуальных дозиметров имеют инфракрасный канал передачи данных. Благодаря этому они, совместно с подключенным к персональному компьютеру устройством считывания (поставляется по заказу) и прикладным программным обеспечением «Dose Manager» образуют локальную автоматизированную систему дозиметрического контроля.

Таким образом, дозиметры непрерывного и импульсного фотонного излучения, выпускаемые предприятием «АТОМТЕХ», по своим характеристикам ничем не отличаются от известных мировых аналогов, а в некоторых параметрах и превосходят их. Постоянное участие в программах интерсличения [4], а также соответствие требованиям международных стандартов [5–7], позволяют изделиям быть конкурентоспособными на мировом рынке. Кроме сферы таможенного контроля, актуально их использование в следующих областях:

- аварийные и поставарийные ситуации;
- контроль при утилизации и захоронении радиоактивных отходов;
- атомная промышленность и АЭС;
- контроль безопасности при радиационной обработке высокоактивными источниками ионизирующего излучения сельскохозяйственного сырья, сырья для лекарственных средств, фармацевтических препаратов;
- контроля полей импульсного излучения в непосредственной близости от линейных ускорителей в медицинских учреждениях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Методические рекомендации «Проведение радиационного контроля инспекционно-досмотровых ускорительных комплексов».
- [2] Богдан М.А., Курдя Ю.Ф., Карайкоза Т.М., Лукашевич Р.В., Лазаренко С.В. Широкодиапазонное устройство детектирования для дозиметрии непрерывного и импульсного фотонного излучения в жестких условиях эксплуатации. // АНРИ. 2021. №1(104). С. 21-30.
- [3] IEC/TS 63050 2019-10, Radiation protection instrumentation – Dosimeters for pulsed fields of ionizing radiation.
- [4] Intercomparison of Personal Dose Equivalent Measurements by Active Personal Dosimeters, IAEA, Vienna, 2007.
- [5] IEC 60846-1, 2009-04, Radiation protection instrumentation - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation - Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors.
- [6] IEC 60846-2, 2015-12, Radiation protection instrumentation - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation - Part 2: High range beta and photon dose and dose rate portable instruments for emergency radiation protection purposes.
- [7] СТБ IEC 61526-2012 Приборы радиационной защиты. Измерение индивидуального эквивалента дозы  $\text{Hr}(10)$  и  $\text{Hr}(0,07)$  для рентгеновского, гамма-, нейтронного и бета-излучения. Дозиметры индивидуальные с непосредственным считыванием показаний эквивалента дозы.