

Широкодиапазонное устройство детектирования для дозиметрии непрерывного и импульсного фотонного излучения в жестких условиях эксплуатации

В статье представлены принцип работы и характеристики широкодиапазонного устройства детектирования УДКГ-37, а также результаты его испытаний в непрерывных и импульсных полях фотонного излучения.

**М.А.Богдан, Ю.Ф.Курдя,
Т.М.Карайкоза,
Р.В.Лукашевич, С.В.Лазаренко**

(Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск, Республика Беларусь)

Ключевые слова:

мощность амбиентного эквивалента дозы, фотовольтаический канал, радиационный ресурс, регистрация импульсного излучения.

В сфере атомной энергетики, ядерной техники, медицины и радиационных технологий существует потребность в дозиметрической аппаратуре, предназначенной для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и гамма-излучения в экстремально широком диапазоне вплоть до сотен и тысяч Зв/ч. Работоспособность при сверхвысоких уровнях мощности дозы часто необходима в полях импульсного излучения, а также при аварийных и поставочных ситуациях. Как правило, к подобным средствам контроля предъявляются жесткие требования, такие как большой радиационный

ресурс, широкий диапазон рабочих температур и относительной влажности, механическая прочность, возможность работы в жидких средах.

Описание и принцип работы. Технические характеристики

Широкодиапазонное устройство детектирования гамма-излучения УДКГ-37 (рис.1) предназначено для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – мощности дозы) и амбиентного эквивалента дозы (далее – дозы) непрерывного рентгеновского и гамма-излучения, а также дозы и средней мощности дозы импульсного излучения в широком диапазоне с одновременной передачей результатов измерений аппаратуре потребителя.

Устройство может применяться как в составе автоматизированных систем контроля радиационной обстановки, так и автономно. Также устройство позволяет обеспечивать контроль ради-

ационной обстановки непосредственно в месте нахождения импульсных установок в широком диапазоне энергий и мощностей доз. Как правило, функциональное применение – в стационарной и переносной аппаратуре.

В состав устройства детектирования УДКГ-37 входят блок детектирования гамма-излучения БДКГ-37 и блок сопряжения БС-37, соединенные между собой радиационностойким кабелем. Блок сопряжения БС-37 предназначен для обработки сигналов, поступающих от блока детектирования БДКГ-37, и передачи данных на внешнее устройство по интерфейсу RS-485 или RS-232 (в зависимости от исполнения) с помощью универсального протокола обмена *Modbus RTU*. Так, например, возможно автономное использование устройства детектирования УДКГ-37 с помощью интерфейсных преобразователей RS-485/232–USB/Ethernet и персонального компьютера (рис.1).

Конструктивно блок детектирования БДКГ-37 выполнен в герметичном малогабаритном корпусе из нержавеющей стали (степень защиты IP68). Это позволяет применять его в жестких механических и климатических условиях, в том числе и в труднодоступных местах. Блок детектирования БДКГ-37 устойчив к воздействию статического гидравлического давления до 400 кПа, т. е. работоспособен в водных средах на глубине до 40 м. Блок сопряжения БС-37 реализован в пластиковом ударопрочном корпусе (степень защиты IP65), который можно размещать как на столе у оператора, так и на стене.

Широкий диапазон измерения мощности дозы от 1 мкЗв/ч до 5000 Зв/ч (9,5 порядков) обеспечивается за счет того, что в блоке детектирования БДКГ-37 реализовано два измерительных канала: счетный и фотovoltaический. Счетный канал выполнен на энергокомпенсированном счетчике

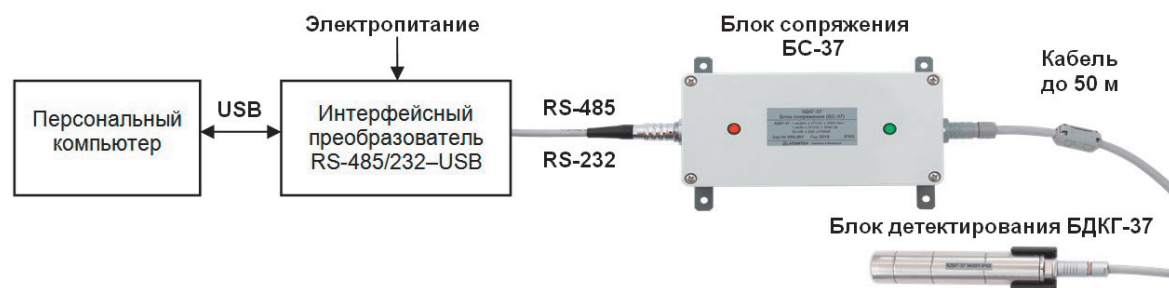


Рис.1. Устройство детектирования УДКГ-37 при автономной работе.

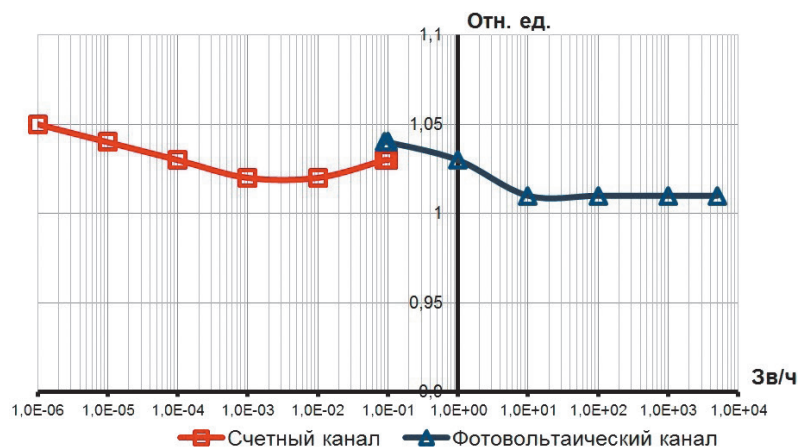


Рис. 2. Нелинейность дозовой характеристики устройства детектирования УДКГ-37.

Гейгера-Мюллера с применением радиационностойких компонентов производства ОАО «Интеграл» (Республика Беларусь) и работает при низких нагрузках от 1 мкЗв/ч до 100 мЗв/ч. Фотовольтаический канал реализован на энергоскомпенсированном кремниевом полупроводниковом детекторе, работающем в токовом режиме при высоких нагрузках от 100 мЗв/ч до 5000 Зв/ч. Благодаря программным алгоритмам, переход между двумя измерительными каналами осуществляется автоматически, в том числе, и при высоких нагрузках. Переход со счетного канала в фотовольтаический осуществляется при мощности дозы, превышающей 100 мЗв/ч, а с фотовольтаического в счетный — 90 мЗв/ч, что исключает ложные переключения между каналами. Проверка нелинейности дозовой харак-

теристики устройства детектирования УДКГ-37 при малых нагрузках (до 40 Зв/ч) осуществлялась на поверочной дозиметрической установке гамма-излучения УДГ-АТ130 предприятия «АТОМТЕХ» [1], при высоких нагрузках (до 5000 Зв/ч) — на мощной гамма-установке УГУ-420 с источниками ^{60}Co активностью 420 кКи [2] в ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядер-

ных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси. На рис. 2 графически приведена нелинейность дозовой характеристики устройства детектирования УДКГ-37.

Энергетический диапазон регистрируемого рентгеновского и гамма-излучения для обоих каналов находится в пределах от 50 кэВ до 10 МэВ. Проверка энергетической зависимости устройства детектирования УДКГ-37 (относительно энергии 662 кэВ ^{137}Cs) в области низких энергий осуществлялась на установке поверочной рентгеновского излучения УПР-АТ300 [3], в области высоких энергий — в поле захватного гамма-излучения до 10 МэВ на установке поверочной нейтронного излучения УПН-АТ140 [4,5]. На рис. 3 приведен график энергетической зависимости



Рис. 3. Энергетическая зависимость чувствительности устройства детектирования УДКГ-37.

чувствительности устройства детектирования УДКГ-37 относительно энергии 662 кэВ ^{137}Cs , которая не превышает $\pm 30\%$.

Радиационный ресурс блока детектирования БДКГ-37 и кабеля составляет не менее 50000 Зв. Он обеспечивается за счет того, что вся радиационно-чувствительная электроника располагается в блоке сопряжения БС-37 на удалении от блока детектирования БДКГ-37, при этом используется радиационно стойкий кабель, длина которого варьируется от 20 до 50 м. Кроме того, во время работы фотovoltaического канала блока детектирования БДКГ-37, вся электроника счетного канала, где применены радиационно стойкие компоненты, отключена от источника питания. Алгоритм работы счетного канала построен таким образом, что счетчик за секунду не регистрирует более чем определенное число импульсов. Это увеличивает его ресурс, который при заданной максимальной нагрузке составит не менее 2-х лет непрерывной работы.

В устройстве детектирования УДКГ-37 реализовано накопление общей и текущей дозы. Общая накопленная доза не может быть сброшена и используется только для контроля радиационного ресурса. Сброс текущей нако-

пленной дозы осуществляется командой от внешнего устройства и используется при проведении измерений.

Проверка радиационного ресурса осуществлялась путем накопления общей дозы под воздействием больших (плавное накопление при мощности дозы до 100 Зв/ч) и сверхбольших (быстрое накопление при мощности дозы до 5000 Зв/ч) уровнях мощностей доз непрерывного гамма-излучения на установках УДГ-АТ130 и УГУ-420 соответственно.

Основные технические характеристики устройства детектирования УДКГ-37 приведены в табл.1.

Измерение дозиметрических характеристик импульсного фотонного излучения

Измерение мощности дозы и дозы импульсного фотонного излучения является современным и актуальным требованием к приборам для ядерных измерений и радиационного контроля. В первую очередь это связано с тенденцией в современном развитии технического обеспечения лучевой терапии – интенсивный отказ от применения дистанционных гамма-терапевтических аппаратов с источниками излучения ^{60}Co и переход на использование линейных ускорителей электронов. Раз-

витие лучевой терапии с применением линейных ускорителей привело к возросшим требованиям к радиационной защите пациентов, а также персонала. Обеспечение радиационного контроля импульсного излучения, создаваемого во время работы линейных ускорителей электронов и других установок импульсного действия, требуют и развития измерительных средств.

Спецификация и определение специальных характеристик дозиметров для использования в импульсных полях ионизирующего излучения были исключены из всех стандартов для прямопоказывающих персональных и полевых дозиметров, выпущенных до 2015 г. для целей радиационной защиты. В этих стандартах указываются только характеристики для непрерывного излучения. Поэтому на сегодняшний день нет стандарта, описывающего требования по регистрации импульсного излучения дозиметрами, есть только правки, рекомендации и технические спецификации [6-8], созданные Международной электротехнической комиссией (МЭК), которые могут стать основой для появления стандарта.

В технической спецификации [8] приводится необходимая информация для измерения одиночного импульса

Табл.1. Основные технические характеристики УДКГ-37.

Технические характеристики		УДКГ-37, УДКГ-37/1
Детектор	Счетный канал	Счетчик Гейгера-Мюллера
	Фотовольтаический канал	Кремниевый полупроводниковый детектор
Энергетический диапазон / Энергетическая зависимость		50 кэВ – 10 МэВ / $\pm 30\%$
Диапазон измерений мощности дозы непрерывного излучения		1 мкЗв/ч – 5000 Зв/ч
Диапазон измерений средней мощности дозы импульсного излучения		30 мкЗв/с – 0,3 Зв/с (100 мЗв/ч – 1000 Зв/ч) (частота повторения импульсов – от 3 до 1000 имп/с, длительность импульсов – не менее 10 мкс)
Предел основной относительной погрешности при измерении мощности дозы		$\pm 25\%$ при мощности дозы ≤ 10 мкЗв/ч $\pm 15\%$ при мощности дозы > 10 мкЗв/ч
Диапазон измерений дозы		10 мкЗв – 5000 Зв
Предел основной относительной погрешности при измерении дозы		$\pm 15\%$
Чувствительность к гамма-излучению источника ^{137}Cs , не менее		0,15 имп·с ⁻¹ /мкЗв·ч ⁻¹ ($\leq 0,1$ Зв/ч) 58 мВ/Зв ч ⁻¹ ($> 0,1$ Зв/ч)
Время отклика на десятикратное изменение мощности дозы		Не более 10 с (при мощности дозы ≥ 10 мкЗв/ч)
Радиационный ресурс		Не менее 50000 Зв (БДКГ-37 и кабель) Не менее 100 Зв (БС-37, БС-37/1)
Интерфейс обмена		RS-485 (УДКГ-37) / RS-232 (УДКГ-37/1)
Электропитание		9–30 В (УДКГ-37) / 4–12 В (УДКГ-37/1)
Степень защиты		IP65 (БС-37, БС-37/1) / IP68 (БДКГ-37)
Диапазон рабочих температур		-40 °С...+60 °С
Относительная влажность воздуха		98% при температуре ≤ 35 °С
Габаритные размеры / масса		170×80×55 мм / 0,3 кг (БС-37, БС-37/1) Ø25×135 мм / 0,25 кг (БДКГ-37)
Длина кабеля / масса		20 м / 1,1 кг; 50 м / 2,75 кг

излучения, что является наиболее сложным случаем для измерения. При этом источник импульсного излучения характеризуется такими параметрами, как вид излучения, диапазон энергии излучения, длительность импульса, частота следования импульсов, мощность дозы в импульсе, доза за импульс излучения. Согласно технической спецификации [8] ожидается, что характеристики дозиметра для повторяющихся импульсов лучше, чем для одиночного импульса излучения с теми

же параметрами, но хуже, чем для непрерывного излучения.

В большинстве случаев основными источниками импульсного излучения являются рентгеновские аппараты (ангиографы, дентальные, дефектоскопические, досмотровые и т. д.), ускорители и специальные импульсные генераторы. Характеристики генераторов импульсов, аппаратов для неразрушающегося контроля, импульсных рентгеновских аппаратов приведены в [9]. Значения параметров для типовых рабочих мест

с применением импульсного излучения приведены в [8]. Анализ характеристик из [8,9] показывает, что генераторы, как правило, вырабатывают повторяющиеся импульсы с частотой от 1 до 400 Гц и длительностью от 1,5 нс до 1 с.

Благодаря применению кремниевого полупроводникового детектора, работающего в токовом режиме фотовольтаического канала, в устройстве детектирования УДКГ-37 реализована возможность эффективно функционировать в полях импульсного излуче-

ния, т. к. данные детекторы обладают быстрым откликом на воздействие ионизирующего излучения и по принципу действия схожи с работой ионизационных камер.

В устройстве детектирования УДКГ-37 не реализована возможность обработки каждого импульса, однако оно измеряет дозу и среднюю мощность дозы импульсного повторяющегося излучения, которое, как видно из [9], генерирует широкий круг установок.

Таким образом, имеет место регистрация средних характеристик относительно двух предельных условий: регистрации одного импульса и регистрации непрерывного излучения.

Счетный канал устройства детектирования УДКГ-37 непригоден для регистрации импульсного излучения, так как счетчик Гейгера-Мюллера обладает большим «мертвым временем» и регистрирует только частоту генерируемых импульсов [10]. Поэтому в счетном канале была программно реализована возможность регистрации повторяющихся генерируемых импульсов с автоматическим либо ручным переходом в фотovoltaический канал.

Проверка функционирования устройства детектирования УДКГ-37 в полях импульсного излучения осуществлялась на несколь-

ких установках с различными характеристиками. Так, на медицинских линейных ускорителях *Elekta Versa HD* [11] 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 со средней энергией 60 кэВ, длительностью от 15 до 50 нс и частотой повторения импульсов 14 и 7 Гц соответственно.

При проведении испытаний на медицинских линейных ускорителях в качестве прибора-компаратора использовался дозиметр ДКС-АТ5350/1 с ионизационной камерой ТМ30010 (ф. «PTW-Freiburg») [12] с дополнительно разработанной оболочкой для увеличения эффективности регистрации камеры в полях высокоэнергетических фотонов. Оболочка изготовлена из полиметилметакрилата (ПММА), толщина рассчитана с использованием метода Монте-Карло. Неопределенность измерения кермы в воздухе высокоэнергетического фотонного излучения дозиметром ДКС-АТ5350/1 в комплекте с ионизационной камерой составляет $\pm 9\%$ (была

определена по результатам калибровки ионизационной камеры с оболочкой в составе дозиметра ДКС-АТ5350/1 в полях фотонного излучения высоких энергий в РТВ (Германия)). Объем камеры в $0,6 \text{ см}^3$ был выбран исходя из времени полного сбора заряда, которое зависит от длительностей импульсов и мощности дозы. В поле импульсного излучения в одной и той же точке располагали поочередно ионизационную камеру и блок детектирования БДКГ-37. При этом дозиметр ДКС-АТ5350/1 работал в режиме измерения кермы в воздухе, а устройство детектирования УДКГ-37 – в режиме измерения дозы фотovoltaическим каналом. На медицинском ускорителе последовательно подавалось определенное количество мониторинговых единиц (от 100 до 1000) с энергией излучения 6, 15 и 18 МэВ. Частоту следования импульсов фиксировали в контрольной точке блока сопряжения БС-37 после преобразователя ток-напряжение. В процессе измерений фиксировались доза и средняя мощность дозы, измеренные устройством детектирования УДКГ-37, и керма в воздухе, измеренная дозиметром ДКС-АТ5350/1. После приведения параметров к величине амбиентного эквивалента дозы было

Табл.2. Результаты испытаний устройства детектирования УДКГ-37 на медицинских линейных ускорителях Elekta Versa HD и Varian Clinac 2300C/D.

Параметры линейного ускорителя		Показания дозиметра ДКС-АТ5350/1			Показания УДКГ-37			Относительная погрешность при измерении дозы	
Наименование	Энергия излучения, МэВ	Количество мониторных единиц	Керма в воздухе, мГр	Амбиентный эквивалент дозы, мЗв	Средняя мощность дозы, Эв/ч	Измеренная частота следования импульсов, Гц	Средняя мощность дозы, Эв/ч		Амбиентный эквивалент дозы, мЗв
Elekta Versa HD	6	100	51,7	56,9	3,41	50	3,74	62,35	9,6%
			93,1	102,4	6,14		6,76	112,6	10,0%
			215,7	237,2	14,23		15,91	265,1	11,8%
			879,2	967,1	58,03		62,10	1035	7,0%
		300	155,7	171,2	10,27	200	11,32	188,6	10,1%
			279,7	307,6	18,46		20,40	340	10,5%
			648,1	712,9	42,77		45,41	756,9	6,2%
			2636,2	2899,8	173,99		183,36	3056	5,4%
		600	312,4	343,6	20,62	400	22,74	379	10,3%
			560,9	617,0	37,02		38,91	648,5	5,1%
			1300,0	1430,0	85,80		89,64	1494	4,5%
			5287,0	5815,7	348,94		364,86	6081	4,6%
	1000	546,0	600,6	72,07	400	74,08	617,3	2,8%	
		982,6	1080,9	129,70		128,64	1072	-0,8%	
		2248,5	2473,4	296,80		276,96	2308	-6,7%	
		8788,0	9666,8	1160		975,48	8129	-15,9%	
	15	100	56,7	62,4	3,74	25	4,30	71,61	14,8%
			103,7	114,0	6,84		7,65	127,5	11,8%
			240,8	264,9	15,89		18,64	310,7	17,3%
			979,7	1077,7	64,66		74,10	1235	14,6%
		300	170,8	187,8	11,27	100	12,98	216,3	15,1%
			310,9	341,9	20,52		23,31	388,5	13,6%
			722,4	794,6	47,68		52,65	877,5	10,4%
			2939,0	3232,9	193,97		219,42	3657	13,1%
600		344,1	378,5	22,71	200	26,14	435,7	15,1%	
		621,6	683,8	41,03		44,49	741,5	8,4%	
		1445,7	1590,3	95,42		104,76	1746	9,8%	
		5882,0	6470,2	388,21		440,04	7334	13,4%	
Varian Clinac 2300C/D	18	100	41,1	45,2	2,71	27	2,95	49,2	8,9%
			81,2	89,3	5,36		5,92	98,7	10,5%
			331,2	364,3	21,86		25,33	422,2	15,9%
			2668,0	2934,8	176,09		153,00	2550	-13,1%
	300	122,5	134,8	8,09	80	9,40	156,7	16,3%	
		241,7	265,9	15,95		18,20	303,3	14,1%	
		987,1	1085,8	65,15		72,70	1211,7	11,6%	
		8006,0	8806,6	528,40		438,96	7316	-16,9%	
	600	244,7	269,1	16,15	160	16,57	276,1	2,6%	
		482,4	530,6	31,84		35,03	583,9	10,0%	
		1970,0	2167,0	130,02		150,00	2500	15,4%	
		16044,0	17648,4	1058,90		855,96	14266	-19,2%	

установлено, что в диапазоне средней мощности дозы от 100 мЗв/ч до 1000 Зв/ч пределы относительной погрешности при измерении дозы импульсного излучения не превышают $\pm 20\%$. В табл.2 приведены результаты испытаний на медицинских линейных ускорителях *Elekta Versa HD* и *Varian Clinac 2300C/D*.

В ходе данных испытаний был рассчитан и опробован оптимальный аналоговый фильтр для регистрации импульсного излучения от медицинских линейных ускорителей *Elekta Versa HD* и *Varian Clinac 2300C/D* с частотой повторения импульсов не менее 20 имп/с. Кроме того, основываясь на данных экспериментов, был реализован программный цифровой фильтр с возможностью выбора постоянной времени для других импуль-

Табл.3. Результаты испытаний устройства детектирования УДКГ-37 на рентгеновских аппаратах «Шмель-250» и «Памир-250».

Наименование рентгеновского аппарата	Показания дозиметра ДКС-АТ5350/1			Показания устройства детектирования УДКГ-37			Относительная погрешность при измерении дозы
	Керма в воздухе, мГр	Амбиентный эквивалент дозы, мЗв	Средняя мощность дозы, мЗв/ч	Измеренная частота следования импульсов, Гц	Средняя мощность дозы, мЗв/ч	Амбиентный эквивалент дозы, мЗв	
Шмель-250	1,4	2,4	287	14	198	1,74	-27,2%
	2,5	4,3	521		350	3,05	-29,7%
	6,1	10,7	1289		884	7,60	-29,3%
Памир-250	1,7	3,0	360	7	276,4	2,30	-23,2%
	5,4	9,3	1112		915,2	7,63	-17,7%
	18,1	31,1	3733		3348	27,9	-10,3%

сных установок, генерирующих повторяющиеся импульсы с частотой от 3 имп/с, в полях которых предполагается применение устройства детектирования УДКГ-37.

При проведении испытаний на рентгеновских аппаратах «Шмель-250» и «Памир-250» в качестве прибора-компаратора использовался дозиметр

ДКС-АТ5350/1 с ионизационной камерой ТМ23361 (ф. «PTW-Freiburg»).

Калибровка дозиметра ДКС-АТ5350/1 с ионизационной камерой ТМ23361 в диапазоне рентгеновского излучения выполнена на государственном эталоне ГЭТ8-2019 (владелец ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»).

Измерения осуществлялись по аналогии с испытаниями на линейных ускорителях, а пределы относительной погрешности при измерении дозы низкоэнергетического импульсного излучения не превышали $\pm 30\%$. В табл.3 приведены результаты испытаний.

Результаты испытаний устройства детектирования УДКГ-37, проведенных в полях импульсного излучения различного характера, позволяют сделать вывод о воз-



Рис.4. Устройство детектирования УДКГ-37 в составе системы радиационного контроля импульсного излучения ускорителей.

возможности и целесообразности его применения в подобных условиях. На рис.4 представлен пример использования устройства детектирования УДКГ-37 в составе системы радиационного контроля импульсного излучения ускорителей [13]. В состав системы входят дозиметр ДКС-АТ1123 для регистрации низких и устройство детектирования УДКГ-37 для регистрации высоких уровней мощности дозы импульсного излучения.

Заключение

Цикл проведенных испытаний устройства детектирования УДКГ-37 показал возможности его применения в полях высоких уровней мощностей доз как непрерывного, так и импульсного

фотонного излучения, что соответствует современным требованиям к оборудованию такого типа. Возможность обмена данным устройством по интерфейсу RS-485 или RS-232 (в зависимости от исполнения) с помощью универсального протокола обмена *Modbus RTU*, позволяет подключить его практически к любой современной внешней системе, а конструктивные особенности блока детектирования БДКГ-37 позволяют располагать его в труднодоступных местах, в том числе жидких средах, и использовать в жестких радиационных, механических и климатических условиях.

Особенно актуально использование устройства детектирования УДКГ-37 для

контроля полей импульсного излучения в непосредственной близости от линейных ускорителей в медицинских учреждениях, в области радиационных технологий, рентгеновской дефектоскопии, а также для осуществления контроля радиационных параметров на ядерно-техническом оборудовании.

Авторы статьи выражают глубокую благодарность директору предприятия «АТОМТЕХ», к.т.н. Кожемякину В.А. за ценные замечания и рекомендации, сделанные при подготовке данного материала.

Литература

1. Дозиметрическая установка гамма-излучения УДГ-АТ130. URL: <https://atomtex.com/ru/dozimetriceskaya-ustanovka-gamma-izlucheniya-udg-at130> (дата обращения: 01.12.2020).
2. Гамма-установка УГУ-420. URL: <http://sosny.bas-net.by/ru/technologies/ugu> (дата обращения: 01.12.2020).
3. Установка поверочная рентгеновского излучения УПР-АТ300. URL: <https://atomtex.com/ru/ustanovki-poverochnye-rentgenovskogo-izlucheniya-upr-at300-upr-at3001-upr-at3002> (дата обращения: 01.12.2020).
4. Установка поверочная нейтронного излучения УПН-АТ140. URL: <https://atomtex.com/ru/ustanovka-poverochnaya-neutronnogo-izlucheniya-upn-at140> (дата обращения: 01.12.2020).
5. Комар Д.И., Лукашевич Р.В., Гузов В.Д., Кутень С.А. Метрологическое обеспечение дозиметрии гамма-излучения с энергией до 10 МэВ для приборов радиационной защиты // Приборы и методы измерений. 2017. Т. 8. N 3. С. 279-285.
6. *Intercomparison of Personal Dose Equivalent Measurements by Active Personal Dosimeters*, IAEA, Vienna, 2007.
7. IEC/TS 62743, 2012. Radiation protection instrumentation. Electronic counting dosimeters for pulsed fields of ionizing radiation.
8. IEC/TS 63050 2019-10. Radiation protection instrumentation. Dosimeters for pulsed fields of ionizing radiation.

9. Нурлыбаев К., Мартынюк Ю.Н., Ревков А.А. Дозиметрия импульсного излучения // АНРИ. 2018. N 1(92). С. 3-11.
10. Response of active electronic radiation monitors in pulsed X-ray beams from linacs. URL: <http://www.arpconference.com.au/2013/wp-content/uploads/2013/11/1550-Peter-Harty.pdf> (дата обращения: 01.12.2020).
11. Elekta Versa HD. URL: <https://www.elekta.com/radiotherapy/treatment-delivery-systems/versa-hd/> (дата обращения: 01.12.2020).
12. Дозиметр ДКС-АТ5350/1. URL: <https://atomtex.com/ru/oborudovanie-dlya-kalibrovki-i-poverki-dozimetry-etalonnye/dozimetr-dks-at53501> (дата обращения: 01.12.2020).

Wide-Range Detection Device for Continuous and Pulsed Photon Radiation Dosimetry for Emergency Radiation Protection Purposes

Bohdan Mikhail, Kurdia Uryi, Karaikoza Tatsiana, Lukashevich Raman, Lazarenko Sergey
(Scientific Production Unitary Enterprise «ATOMTEX», Minsk, Belarus)

Abstract. The article presents the principle of operation and characteristics of the wide-range detection device UDKG-37, developed and manufactured by the ATOMTEX enterprise, as well as the results of its tests in continuous and pulsed fields of photon radiation.

Key words: ambient dose equivalent rate, photovoltaic channel, radiation resource, registration of pulsed radiation.

М.А.Богдан (инж.), Ю.Ф.Курдя (нач.лаб.), Т.М.Карайкоза (инж.), Р.В.Лукашевич (нач. сект.), С.В.Лазаренко (вед.инж.) – Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск, Республика Беларусь.

Контакты: тел. +375 17 2706753; e-mail: bogdan_ma@atomtex.com, lukashevich@atomtex.com.