

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Комплексы индивидуального дозиметрического контроля ТЛД RADOS

#### Назначение средства измерений

Комплексы индивидуального дозиметрического контроля ТЛД RADOS (далее - комплексы ТЛД RADOS) предназначены для измерений индивидуальных эквивалентов дозы (ИЭД)  $H_p(10)$  фотонного и нейтронного излучения,  $H_p(3)$  и  $H_p(0,07)$  фотонного и бета-излучения, и амбиентного эквивалента дозы  $H_p^*(10)$  фотонного излучения.

#### Описание средства измерений

Принцип действия комплекса ТЛД RADOS основан на использовании явления термолюминесценции. Входящие в состав комплекса дозиметры содержат термолюминесцентные (ТЛ) детекторы на основе фторида лития, которые за время экспозиции (в процессе ношения при индивидуальном дозиметрическом контроле) накапливают энергию, пропорциональную дозе излучения. Для получения информации о дозе излучения детекторы нагреваются по определенным температурным шаблонам в измерительной камере считывателя потоком горячего азота. При этом энергия, аккумулированная в веществе термолуминофора под воздействием ионизирующего излучения, преобразуется в энергию флюоресценции, которая регистрируется фотоэлектронным умножителем. Дозиметрическая информация передается управляющему программному обеспечению (ПО) персонального компьютера, выполняющему расчет доз.

В состав комплекса ТЛД RADOS входят:

- считыватель RE2000 (далее - считыватель);
- программное обеспечение (ПО) WinTLD PRO или APM ТЛД, устанавливаемое на персональный компьютер (ПК);
- ТЛ дозиметры в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 - Типы и назначение ТЛ дозиметров из состава комплекса ТЛД RADOS

Тип дозиметра	Измеряемые величины	Тип излучения	Назначение
SD-I	$H_p(10)$ , $H_p(3)$ , $H_p(0,07)$	Рентгеновское, гамма-, тормозное, бета-	Стандартный дозиметр для индивидуального дозиметрического контроля.
SD <sub>E</sub> -I	$H_p(10)$ , $H_p(3)$ , $H_p(0,07)$	Рентгеновское, гамма-, тормозное, бета-	Дозиметр для индивидуального дозиметрического контроля, позволяет выделять дозу $H_p(0,07)$ бета излучения с энергией более 2,3 МэВ
SD <sub>H</sub> -IA	$H_p(10)$ , $H_p(3)$ , $H_p(0,07)$	Рентгеновское, гамма-, тормозное, бета-	Дозиметр для индивидуального дозиметрического контроля с повышенной чувствительностью и дозиметрического контроля окружающей среды
ExWD-BG	$H_p(3)$ , $H_p(0,07)$	Рентгеновское, гамма-, бета-	Дозиметр для контроля дозы в коже рук, с 2 детекторами с возможностью закрепления на конечностях (запястья)

Тип дозиметра	Измеряемые величины	Тип излучения	Назначение
SD <sub>R</sub> -I	H <sub>p</sub> (10), H <sub>p</sub> (3), H <sub>p</sub> (0,07)	Рентгеновское, гамма-, тормозное, бета-	Стандартный дозиметр для индивидуального дозиметрического контроля с детекторами ДТГ-4 (российское производство).
NAD	H <sub>p</sub> (10)	Гамма-, тормозное, нейтронное, бета-	Нейтронный альbedo дозиметр для индивидуального дозиметрического контроля. Позволяет разделять дозу от нейтронов и от фотонов
EYE-D	H <sub>p</sub> (3)	Рентгеновское, гамма-, бета-	Дозиметр для контроля дозовой нагрузки на хрусталик глаза
ExFD-G	H <sub>p</sub> (0,07)	Рентгеновское, гамма-	Дозиметр в виде кольца на палец для измерения дозовой нагрузки на кожу.
ExFD-BG	H <sub>p</sub> (0,07)	Рентгеновское, гамма-, бета-	Дозиметр в виде кольца на палец для измерения дозовой нагрузки на кожу.

По требованию заказчика комплекс может быть укомплектован облучателем IR2000 и генератором азота HPN2-5000C. Облучатель содержит источник бета-излучения из радионуклидов стронций-90+иттрий-90 и используется для облучения дозиметров с целью калибровки.

Считыватель в автоматическом режиме выполняет нагревание детекторов, регистрацию показаний детекторов, передачу на ПК результатов измерений и контроль стабильности внутренних параметров. Нагревание детекторов происходит в измерительной камере считывателя проточным азотом высокой чистоты. Азот может подаваться в измерительную камеру как из баллонов, так и от генератора азота.

Считыватель и облучатель могут быть оборудованы автоматическим устройством подачи кассет, которое предусматривает загрузку до 200 слайдов одновременно для последующего автоматического считывания.

Стандартный ТЛ-дозиметр (рисунок 1) состоит из термолюминесцентных детекторов, слайда, держателя слайда и корпуса дозиметра.

Слайд с ТЛ детекторами, установленный в держатель, образует ТЛ карту. Каждая из 4-х ячеек слайда (ТЛ детектор) находится под определенным фильтром держателя слайда. ТЛ карта размещается в корпусе дозиметра за исключением дозиметров для контроля дозовой нагрузки на хрусталик глаза и пальцы рук (рисунок 2).

Держатель слайда стандартного дозиметра выполняет функции фиксации детекторов, защиты от внешних воздействий и содержит металлические фильтры для выравнивания энергетической зависимости чувствительности детекторов. Держатели слайдов различаются по цвету и типу фильтров. Все держатели слайдов имеют открытое "окно" над 4-ым детектором для регистрации бета-излучения. Для считывания информации с дозиметров для контроля дозовой нагрузки на хрусталик глаза и пальцы рук используются держатели слайдов без фильтров.

Пломбирование комплексов ТЛД RADOS изготовителем не предусмотрено.

Корпус дозиметра выполняет функции дополнительного энергетического фильтра, пыле- и влагозащиты и имеет либо ремешок с зажимом для крепления дозиметра на одежде, либо шнурок. Различные типы корпусов показаны на рисунках.

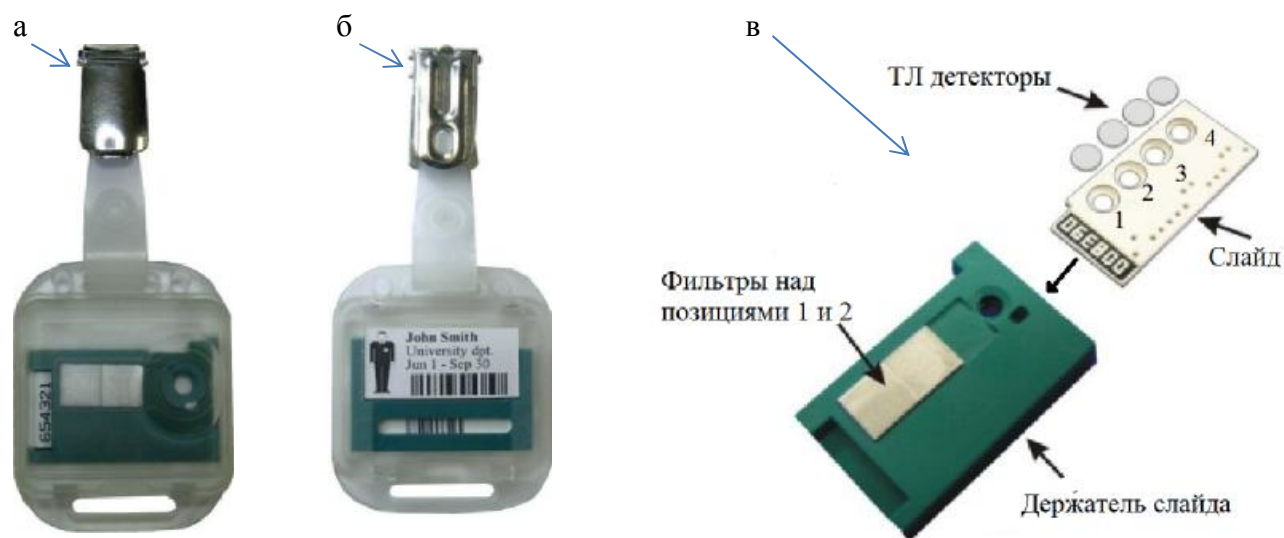


Рисунок 1 - Стандартный ТЛ дозиметр из состава комплекса ТЛД RADOS:  
а - общий вид ТЛ дозиметра (лицевая сторона), б - вид дозиметра с обратной стороны  
в - составляющие элементы ТЛ карты: ТЛ детекторы, слайд, держатель слайда с фильтрами

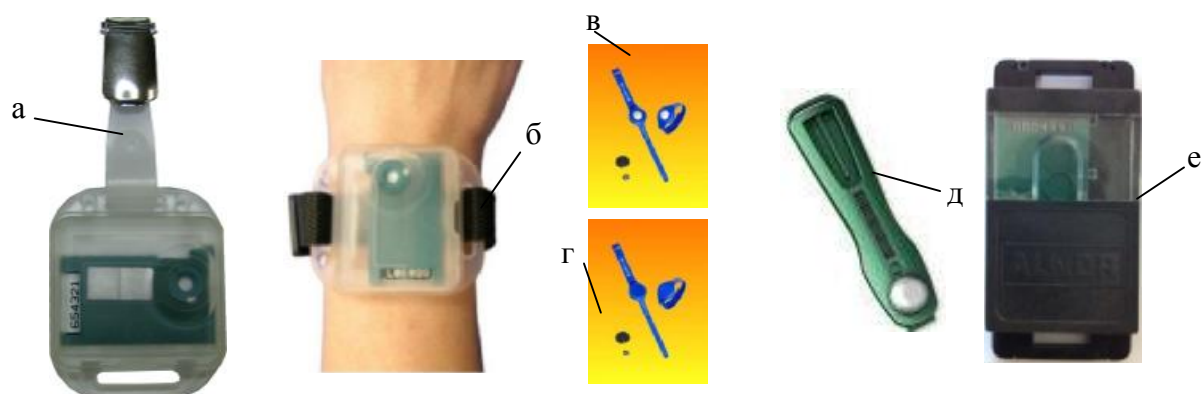


Рисунок 2 - Различные типы ТЛ дозиметров из состава комплекса ТЛД RADOS:  
а - стандартный, б - на запястье, в - перстневой BG, г - перстневой,  
д - налобный, е - нейтронный РТW (е)

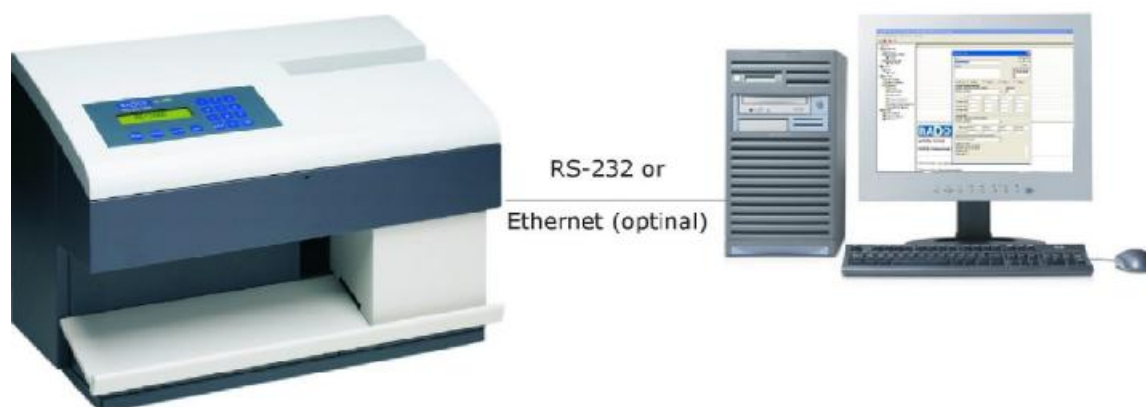


Рисунок 3 - Общий вид комплекса: считыватель RE2000S и компьютер с ПО

### Программное обеспечение

Управления работой считывателя и формирования базы данных измерений и калибровок выполняются средствами программного обеспечения (ПО ТЛД), установленного на управляющий компьютер.

Прикладное ПО ТЛД включает:

- программу «ТЛД Считыватель» или TLDSerVer (WinTLD PRO), управляющую работой считывателя, и осуществляющую запись результатов измерений в базу данных (БД);
- программу «Расчет доз ТЛД» или TLDExplorer (WinTLD PRO), позволяющую определять чувствительность детекторов к излучению определенного вида и энергии, проводить калибровку считывателя, расчет доз и выполнять экспорт результатов измерений.

К метрологически значимой части программного обеспечения относится программа «Расчет доз ТЛД» (tld.exe) или TLDExplorer (TLDExplorer.exe).

Таблица 2 - Идентификационные данные метрологически значимого ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
	Расчет доз ТЛД	TLDExplorer
Идентификационное наименование ПО	tld.exe	TLDExplorer.exe
Номер версии ПО (идентификационный номер)	1.0.2.35*	4.0.0.0*
Цифровой идентификатор ПО	defe5d10d3bc60b122cec356769ec19a**	355112fa70c6be9d1e3bb82c76ce4aa3**
Алгоритм получения цифрового идентификатора	MD5	MD5
* Номер версии ПО не ниже указанного в таблице. ** Контрольная сумма относится к текущей версии ПО.		

Влияние ПО учтено при нормировании метрологических характеристик.

Уровень защиты ПО комплексов индивидуального дозиметрического контроля ТЛД RADOS от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «средний», согласно Р 50.2.077-2014.

### Метрологические и технические характеристики

Таблица 3 - Диапазоны измерений комплекса ТЛД RADOS с ТЛ дозиметрами различных типов

Тип дозиметра	Диапазон измеряемых доз, мЗв	Энергетические диапазоны измерений для различных видов излучений, МэВ		
		Фотонное излучение	Бета-излучение	Нейтронное излучение
SD-I	$3 \times 10^{-2} - 1 \times 10^4$	0,015 - 20	0,2 - 2,2	-
SD <sub>E</sub> -I	$3 \times 10^{-2} - 1 \times 10^4$	0,015 - 20	0,2 - 2,2	-
SD <sub>H</sub> -IA	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^3$	0,015 - 20	0,2 - 2,2	-
SD <sub>R</sub> -I	$5 \times 10^{-2} - 1 \times 10^4$	0,015 - 20	0,2 - 2,2	-
NAD	$1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^4$	0,1 - 20	-	0,000025 - 14

Тип дозиметра	Диапазон измеряемых доз, мЗв	Энергетические диапазоны измерений для различных видов излучений, МэВ		
		Фотонное излучение	Бета-излучение	Нейтронное излучение
ExWD-BG	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^3$	0,015 - 3	0,2 - 2,2	
EYE-D	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^3$	0,015 - 3	0,2 - 2,2	-
ExFD-G	$5 \times 10^{-2} - 1 \times 10^4$	0,015 - 3	-	-
ExFD-BG	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^3$	0,015 - 3	0,06 - 2,2	-

Таблица 4 - Показатели точности измерений комплекса ТЛД RADOS с ТЛ дозиметрами различных типов

Тип дозиметра	Изменяемая величина	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %	Энергетическая зависимость чувствительности дозиметров, %			Анизотропия чувствительности дозиметров *, %
			0,015 - 0,065 МэВ	0,065 - 3 МэВ	3 - 20 МэВ	
SD-I	H <sub>p</sub> (10)	$\pm(10+0,45/H_{10})$	±60	±20	±25	±15
	H <sub>p</sub> (3)	$\pm(20+0,6/H_3)$	±100	±30	-	±15
	H <sub>p</sub> (0,07)	$\pm(20+0,6/H_{07})$	±80	±40	-	±10
SD <sub>E</sub> -I	H <sub>p</sub> (10)	$\pm(10+0,75/H_{10})$	±50	±10	±25	±15
	H <sub>p</sub> (3)	$\pm(20+0,6/H_3)$	±85	±25	-	±15
	H <sub>p</sub> (0,07)	$\pm(20+0,6/H_{07})$	±70	±40	-	±10
SD <sub>H</sub> -IA	H <sub>p</sub> (10)	±10	±40	±30	±40	±15
	H <sub>p</sub> <sup>*</sup> (10)	±10	±40	±30	±40	±15
	H <sub>p</sub> (3)	±15	±25	±25	-	±10
	H <sub>p</sub> (0,07)	±15	±30	±20	-	±10
SD <sub>R</sub> -I	H <sub>p</sub> (10)	$\pm(10+0,5/H_{10})$	±45	±25	±15	±10
	H <sub>p</sub> (3)	$\pm(20+1/H_3)$	±75	±35	-	±10
	H <sub>p</sub> (0,07)	$\pm(20+1/H_{07})$	±75	±45	-	±15
NAD	H <sub>p</sub> (10)	±10	-	-	-	-
	H <sub>p</sub> (10) <sub>нейт</sub>	±30	-	-	-	-
ExWD-BG	H <sub>p</sub> (3)	±15	±25	±25	-	±15
	H <sub>p</sub> (0,07)	±15	±30	±20	-	±15
EYE-D	H <sub>p</sub> (3)	$\pm(15+0,2/H_3)$	±20	±30	-	±15
ExFD-G	H <sub>p</sub> (0,07)	$\pm(15+0,5/H_{07})$	±80	±50	-	±15
ExFD-BG	H <sub>p</sub> (0,07)	$\pm(15+0,4/H_{07})$	±80	±30	-	±15

Примечание - В формулах для расчета основной относительной погрешности измерений используются следующие обозначения: H<sub>10</sub> - индивидуальный эквивалент дозы H<sub>p</sub>(10) фотонного излучения, мЗв; H<sub>3</sub> и H<sub>07</sub> - индивидуальные эквиваленты дозы H<sub>p</sub>(3) и H<sub>p</sub>(0,07) фотонного или бета- излучения, мЗв; H<sub>p</sub>(10)<sub>нейт</sub> - индивидуальный эквивалент дозы H<sub>p</sub>(10) нейтронного излучения.

\* Анизотропия чувствительности дозиметров определялась в поле рентгеновского излучения со средней энергией спектра 65 кэВ при угле между направлением излучения и плоскостью дозиметра 60°.

Таблица 5 - Основные технические характеристики считывателя комплекса ТЛД RADOS

Наименование характеристики, параметра	Значение
Время установления рабочего режима, не более	30 мин
Продолжительность непрерывной работы считывателя, не менее	24 ч
Напряжение питания считывателя	100 В - 250 В, частота 50/60 Гц
Пропускная способность при использовании рекомендуемых параметров считывания, не хуже	- слайды с 4 элементами: 23 шт./ч - слайды с 2 элементами: 45 шт./ч - слайды с 1 элементом 90 шт./ч
Потребляемая мощность, не более	230 В·А
Условия эксплуатации: температура, °С влажность, % давление, кПа	от 0 до + 35 до 75 при 30 °С от 84 до 106,7
Габаритные размеры считывателя (ВхШхД), мм RE2000S RE2000A	405×350×575 405×350×795
Масса считывателя, не более, кг RE2000S RE2000A	32 35
Средняя наработка на отказ, ч	10000
Срок службы, лет	10

Таблица 6 - Габаритные размеры и масса ТЛ дозиметров, используемых с комплексом ТЛД RADOS

Тип дозиметра	SD-I	SD <sub>E</sub> -I	SD <sub>H</sub> -IA	SD <sub>R</sub> -IA	NUD	EYE-D	ExWD-G	ExFD-BG
Габариты (ВхШхД), мм	10x42x53	10x42x53	10x42x53	10x42x53	12x35x73	8x17x70	3x12x90	3x12x90
Масса, г	21,5	22,0	21,0	21,5	22,5	2,3	0,6	0,6

### Знак утверждения типа

наносится методом компьютерной графики на титульный лист руководства по эксплуатации комплекса ТЛД RADOS и на пленочную этикетку, клеящуюся на лицевой поверхности считывателя.

### Комплектность средства измерений

Таблица 7 - Комплект поставки комплекса ТЛД RADOS

Наименование	Количество, шт.	Примечание
Считыватель RE2000S (RE2000A)	1	
Облучатель IR2000	1	по требованию Заказчика
Генератор азота	1	по требованию Заказчика

Наименование	Количество, шт.	Примечание
Детекторы термолюминесцентные		Тип и количество определяется заказом
Слайд		
Держатель слайда		
Корпус дозиметра		
Кассета		
Ключ для открывания дозиметра		по требованию Заказчика
Вакуумный пинцет		по требованию Заказчика
Персональный компьютер	1	по требованию Заказчика
Программное обеспечение (ПО) с руководством пользователя ПО на CD	1	WinTLD PRO или «Расчет доз ТЛД» совместно с «ТЛД Считыватель»
Руководство по эксплуатации «Комплекс индивидуального дозиметрического контроля ТЛД RADOS»	1	
Руководство пользователя «Облучатель IR2000»	1	При условии приобретения облучателя IR2000
Паспорт (Сертификат калибровки) на источник бета-излучения стронций-90/иттрий-90 из состава облучателя IR2000	1	При условии приобретения облучателя IR2000
Методика поверки МП 2103-002-2015	1	

Таблица 8 - Типы ТЛ дозиметров, их условные обозначения, описание и коды по каталогу производителя Mirion Technologies

Тип дозиметра	Состав дозиметра	Количество составляющих	Код по каталогу производителя
SD-I	Детекторы MTS-N, круглые 4,5x0,90 мм	4	1235-084
	Слайд	1	1235-153*
	Держатель слайда с двумя фильтрами по 1 мм Al	1	1235-157÷1235-162**
	Стандартный корпус дозиметра	1	1235-170
SD <sub>E</sub> -I	Детекторы MTS-N, круглые 4,5x0,90 мм	4	1235-084
	Слайд	1	1235-153*
	Держатель слайда с фильтрами: 1мм Al + 1 мм Cu	1	1235-186÷1235-191**
	Стандартный корпус дозиметра	1	1235-170
SD <sub>H</sub> -IA	Детекторы MCP-N, круглые 4,5x0,90 мм	4	1235-134
	Слайд	1	1235-153
	Держатель слайда с двумя фильтрами 0,5 мм Al	1	1235-171÷1235-176
	Стандартный корпус дозиметра	1	1235-170
SD <sub>R</sub> -I	Детекторы ДТГ-4, круглые 4,5x0,95 мм	4	б/н
	Слайд	1	1235-153
	Держатель слайда с двумя фильтрами 1 мм Al	1	1235-157÷1235-162
	Стандартный корпус дозиметра	1	1235-170
NAD	Детекторы MTS-6, круглые 4,5x0,90 мм	2	1235-082
	Детекторы MTS-7, круглые 4,5x0,90 мм	2	1235-083
	Слайд	1	1235-153
	Держатель слайда без фильтров	1	1235-163÷1235-168
	Нейтронный корпус PTW	1	1235-089

Тип дозиметра	Состав дозиметра	Количество составляющих	Код по каталогу производителя
EYE-D	Детекторы MCP-N, круглые 4,5x0,90 мм	1	1235-134
	Слайд*	1	1235-153
	Держатель слайда без фильтров*	1	1235-163÷1235-168
	Налобный корпус EYE-D	1	1235-410
ExWD-BG	Детекторы MCP-N, круглые 4,5x0,90 мм	2	1235-134
	Слайд	1	1235-153
	Держатель слайда без фильтров	1	1235-163÷1235-168
	Стандартный корпус дозиметра	1	1235-401
ExFD-G	Детекторы MTS-N, круглые 4,5x0,90 мм	1	1235-084
	Слайд	1	1235-153
	Держатель слайда без фильтров	1	1235-163÷1235-168
	Корпус перстневой гамма	1	1235-420
ExFD-BG	Детекторы MCP-Ns, круглые 4,5x0,35 мм	1	1335-500
	Слайд*	1	1235-153
	Держатель слайда без фильтров*	1	1235-163÷1235-168
	Корпус перстневой бета-гамма	1	1235-421
*Слайды и держатели слайдов для перстневых и налобных дозиметров применяются только при считывании и калибровке детекторов из их состава.			

### Поверка

осуществляется по документу МП 2103-002-2015 «Комплексы индивидуального дозиметрического контроля ТЛД RADOS. Методика поверки», утверждённому ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 22 июля 2016 г.

Основные средства поверки:

- эталонные поверочные дозиметрические установки гамма-излучения по ГОСТ 8.087-2000 с набором источников из радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ , аттестованные с погрешностью не более  $\pm 6\%$  по индивидуальному эквиваленту дозы  $H_p(10)$  и  $H_p(0,07)$ ;
- эталонные поверочные дозиметрические установки рентгеновского излучения по ГОСТ 8.087-2000, аттестованные с погрешностью не более  $\pm 4\%$  по индивидуальному эквиваленту дозы  $H_p(10)$  и  $H_p(0,07)$ ;
- эталонные поверочные установки по ГОСТ Р 8.803-2012 с источником нейтронов Pu-Be, аттестованные по индивидуальному эквиваленту дозы  $H_p(10)$  с погрешностью, не превышающей  $\pm 15\%$ ;
- талонные поверочные установки бета-излучения по ГОСТ 8.035-82 с радионуклидом  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ , аттестованные по индивидуальному эквиваленту дозы  $H_p(3)$   $H_p(0,07)$  с погрешностью, не превышающей  $\pm 8\%$ .

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

Знак поверки (оттиск поверительного клейма) наносится на свидетельство о поверке.

**Сведения о методиках (методах) измерений** приведены в эксплуатационном документе.



**Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к комплексам индивидуального дозиметрического контроля ТЛД RADOS**

Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ № 1034 от 09 сентября 2011 г. «Об утверждении Перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и производимых при выполнении работ по обеспечению безопасных условий и охраны труда, в том числе на опасных производственных объектах, и обязательных метрологических требований к ним, в том числе показателей точности».

ГОСТ 27451-87 Средства измерений ионизирующих. Общие технические условия.

ГОСТ 8.804-2012 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений кермы в воздухе, мощности кермы в воздухе, экспозиционной дозы, мощности экспозиционной дозы, амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы и потока энергии рентгеновского и гамма-излучений.

ГОСТ 8.521-84 ГСИ. Государственная система обеспечения единства измерений. Установки поверочные нейтронного излучения. Методика поверки.

Техническая документация фирмы Mirion Technologies (RADOS) Oy.

**Изготовитель**

Фирма Mirion Technologies (RADOS) Oy, Финляндия

Адрес: Mustionkatu 2, PO Box 506 FIN-20101 Turku

Тел.: +358 2 4684 600; Факс: +358 2 4684 601

**Заявитель**

ООО НПП «РАДИКО»

Адрес: 249035, г. Обнинск, Калужская обл., пр-т Маркса, 14

Тел.: +7(48439)49716; Факс: +7(48439)49768

E-mail: [main@radico.ru](mailto:main@radico.ru)

**Испытательный центр**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»

(ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

Адрес: 190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д.19

Тел. (812) 251-76-01; Факс(812) 713-01-14

E-mail: [info@vniim.ru](mailto:info@vniim.ru)

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № RA.RU.311541 от 23.03.2016 г.

Заместитель

Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.