

Государственный реестр средств измерений

Часть 3. Индивидуальные дозиметры

Представлены результаты сравнительного анализа параметров индивидуальных дозиметров, занесенных в Государственный информационный фонд средств измерений утвержденного типа.

Ключевые слова:

индивидуальный дозиметр, средство измерений, Государственный информационный фонд средств измерений, электронные прямопоказывающие дозиметры, ТЛД-дозиметры.

Данная публикация – продолжение обзора дозиметрических приборов утвержденного типа, сведения о которых имеются в федеральном информационном фонде средств измерений. Предыдущие части, посвященные поисковым дозиметрам и дозиметрам общего назначения, были опубликованы ранее [1,2]. На рис.1 приведена схема условной классификации дозиметров. В этой статье мы рассмотрим индивидуальные дозиметры.

К индивидуальным дозиметрам относятся приборы, измеряющие операционную величину «индивидуальный эквивалент дозы $H_p(d)$ ». Согласно [3,4] индивидуальный эквивалент дозы – это дозовый эквивалент в мягкой биологической ткани на глубине d в определенной точке тела. На практике используют индивидуальные эквиваленты

Ю.Н.Мартынюк

(НПП «Доза», г. Москва, г. Зеленоград)

дозы на глубине 10 мм, 3 мм и 0,07 мм. Обозначаются эти величины, соответственно, $H_p(10)$, $H_p(3)$ и $H_p(0,07)$. Эти операционные величины используют для оценки эффективной дозы при облучении всего тела ($H_p(10)$) и эквивалентных доз, полученных хрусталиком глаза $H_p(3)$ и кожей $H_p(0,07)$.

Таким образом, индивидуальные дозиметры делятся на дозиметры для всего тела, «глазные» и «кожные». Нужно заметить, что существуют еще и комбинированные дозиметры, которые откалиброваны на измерение нескольких операционных величин, например, $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$. Формально это не противоречит метрологическим требованиям, но никак не соответствует рекомендациям по применению, приведенным в [3,4,5]. Согласно этим рекомендациям, дозиметр, измеряющий $H_p(10)$, носится на груди (обычно на нагруд-

ном кармане спецодежды либо внутри него), дозиметр, измеряющий $H_p(0,07)$, носится на облучаемом участке кожи, а дозиметр, измеряющий $H_p(3)$, – в зоне глаза. Это означает, что дозиметр, носимый в нагрудном кармане, ни при каких обстоятельствах не способен измерить эквивалентную дозу в коже рук или стоп. Однако такой комбинированный дозиметр может дать некоторую информацию о наличии или отсутствии слабопроникающего излучения по соотношению измеренных значений $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$.*

Индивидуальные дозиметры делятся по типу применения на две группы: для оперативного и для текущего контроля доз. Текущий контроль иногда называют «учетным», поскольку его данные являются официальными данными, поступающими в государственные системы учета доз. Оперативный контроль предполагает измерение доз либо в режиме реального времени, либо за какой-то интервал времени (смена, сутки, неделя, кампания). Текущий контроль фиксирует измеренные значения за более длительные интервалы времени (как правило, за 3 месяца).

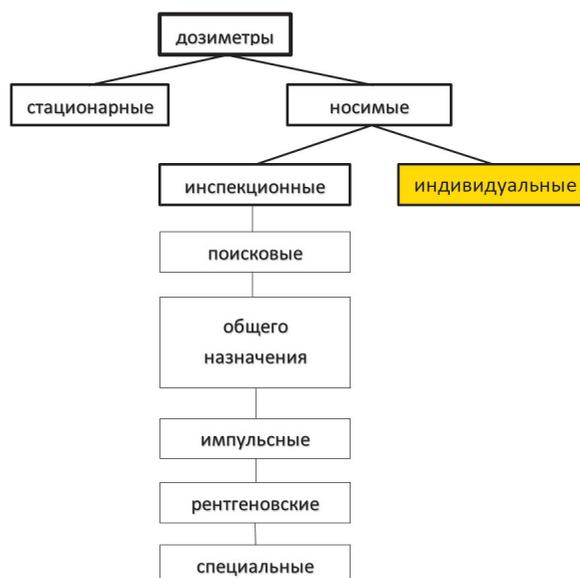


Рис.1.
Схема деления дозиметров по функционалу.

По принципу работы индивидуальные дозиметры делятся на активные (электронные) и пассивные. Активные дозиметры требуют электрического питания во время работы и позволяют видеть показания непосредственно на дисплее без применения дополнительного оборудования. Пассивные дозиметры обычно работают по накопительному принципу, не требуют питания и, за редкими исключениями, нуждаются в специальных устройствах для считывания показаний.

Ну, и, конечно, индивидуальные дозиметры бывают для фотонного излучения и нейтронов. Поскольку бета-излучение создает дозовую нагрузку только на кожу,

«кожные» дозиметры объединяют в себе дозу на кожу от фотонов и бета-излучения. В то же время считается, что нейтронное излучение не дает сколько-нибудь заметный вклад в дозу в коже и хрусталике глаза, а потому не бывает и соответствующих индивидуальных дозиметров.

Ввиду такого разнообразия типов и способов применения дозиметров, сводить их характеристики в одну таблицу нецелесообразно, поэтому приведенные ниже таблицы объединяют дозиметры по назначению. Особенности применяемых методов регистрации излучений и обработки результатов выделены в качестве примечаний в отдельную графу.

* Здесь мы вынуждены сделать оговорку, что МУ 2.6.5.026-2016 [5], на которые дана ссылка, разработаны для Госкорпорации «Росатом» и не являются обязательными для других предприятий, но этот документ наиболее полно включает в себя рекомендации ведущих международных организаций в области радиационной защиты и в этом плане может считаться образцовым.

Конденсаторные дозиметры

Принцип действия конденсаторных дозиметров основан на явлении потери заряда воздушным конденсатором при облучении за счет ионизации воздуха. Об уровне остаточного заряда судят по отклонению стрелки, закрепленной на упругой нити и видимой в окуляр встроенного микроскопа. В начальный момент времени, когда конденсатор заряжен, заряженная стрелка отклоняется на максимальный угол, соответствующий нулю, и закручивает нить подвеса. По мере разряда конденсатора за счет ионизации воздуха стрелка возвращается в исходное положение, соответствующее максимальной дозе. Конденсаторные дозиметры имеют один общий недостаток: они способны терять свой заряд без облучения в условиях повышенной влажности, высокой температуры и из-за загрязнений. Поскольку невозможно установить истинную причину потери заряда, то такого рода дозиметры рекомендуется использовать в качестве оперативных дозиметров, измеряющих накопленную дозу за смену или за сутки.

В настоящее время на рынке представлены два дозиметра конденсаторного типа: ДДГ-01Д и *Arrow Tech.*

Их метрологические характеристики приведены в табл. 1.

Электронные прямопоказывающие дозиметры (ЭПД)

Дозиметры этого типа имеют встроенный микропроцессор, который обрабатывает сигнал с детектора, проводит расчет индивидуального эквивалента дозы, мощности индивидуального эквивалента дозы и отображает информацию на дисплее. В памяти процессора хранятся градуировочные коэффициенты, иногда история накопления дозы с привязкой ко времени, факты превышения порогов, выключения дозиметра и т. д. Обычно ЭПД имеют внешний интерфейс для записи значений порогов и градуировочных коэффициентов, а также для чтения данных о накопленной дозе и значениях дополнительных параметров. Наиболее распространены ЭПД с детекторами на основе кремниевых структур (как правило, *P-i-N* диодов различных размеров), но на рынке есть и дозиметры на счетчиках Гейгера-Мюллера. Для получения приемлемой зависимости чувствительности от энергии фотонов применяют различные методы: от пассивной фильтрации до спектрометрии. ЭПД бывают для фотонного излучения, нейтронов и бета-излучения.

Следовательно, они позволяют измерять операционные величины $H_p(10)$ фотонного излучения и нейтронов, $H_p(0,07)$ и $H_p(3)$ бета-излучения и фотонного излучения. При измерении $H_p(0,07)$ и $H_p(3)$ следует учитывать замечание, приведенное в начале данной статьи.

ЭПД – очень удобные и многофункциональные приборы, позволяющие успешно решать практически все задачи индивидуальной дозиметрии. Однако рекомендации [3] предписывают использовать их вместе с накопительными дозиметрами текущего контроля. Это связано с тем, что ЭПД не свободны от влияния внешних факторов, могущих изменить показания дозиметров. Такими факторами могут быть механические воздействия (падения дозиметра, вибрации), электромагнитные помехи, мощные звуковые воздействия и др.

ЭПД незаменимы там, где поля ионизирующих излучений не изучены, подвержены сильным изменениям или существенно неоднородны. Возможность непосредственного считывания показаний и наличие звуковой и световой сигнализации превышения порогов позволяет избежать повышенного облучения персонала.

Метрологические и технические характеристики ЭПД,

имеющих действующие сертификаты утверждения типа, приведены в табл.2. Необходимо дать несколько пояснений к таблице. При декларировании метрологических характеристик дозиметров производители часто указывают не одну погрешность для всего диапазона, а делят диапазон измерений на части и указывают для каждой части свою погрешность. Таким образом, например, прибор, имеющий погрешность 15% для диапазона 1 мкЗв/ч – 1 Зв/ч, и погрешность 30% для диапазона 0,1 мкЗв/ч – 1 мкЗв/ч, превращается в прибор с диапазоном от 0,1 мкЗв/ч до 1 Зв/ч. Другой способ искусственного расширения диапазона – задание погрешности в виде расчетной формулы вида:

$$\delta = 15 + \frac{5}{\dot{H}_p(10)}, \quad (1)$$

где δ – погрешность в процентах, 5 – эмпирический коэффициент, а $\dot{H}_p(10)$ – показания прибора в мкЗв/ч. Легко видеть, что для нижней границы диапазона (0,1 мкЗв/ч) погрешность прибора составит 65%, а для 5 мкЗв/ч – уже 16%. В этом невинном лукавстве нет ничего противозаконного, но те, кто будет пользоваться дозиметром, должны представлять себе, что если чело-

век проводит основную часть рабочего времени в условиях нормального или слегка повышенного радиационного фона, то погрешность будет велика. Примерно такая же ситуация и с энергетической зависимостью чувствительности (ЭЗЧ).

Чтобы избежать пространственных пояснений в таблице, мы включили в нее наилучшие объявленные производителем характеристики. Полную информацию о метрологических и технических характеристиках дозиметров можно найти в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений Росстандарта РФ по адресу fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4.

Еще одно замечание. Мы не включили в таблицу дозиметр МКС-03СА (производитель ООО «СНИИП-АУНИС»), несмотря на то, что он называется «персональный дозиметр», т. к., согласно описанию типа, он измеряет амбиентный, а не индивидуальный эквивалент дозы, и был включен в класс дозиметров общего назначения, который мы рассматривали в предыдущей части данной статьи [2].

DIS дозиметры

Существует еще один тип индивидуальных дозиметров,

представленный единственным наименованием. Это *DIS* дозиметры, разработанные финской компанией *Rados* еще в конце 90-х гг. В основе дозиметров этого типа лежит технология, схожая с производством долговременной энергонезависимой памяти (так сделаны, например, «флешки», которыми мы все пользуемся). В кремниевых структурах формируются так называемые «плавающие» затворы полевых транзисторов, которые могут хранить индуцированный на них заряд в течение долгого времени. В *DIS* дозиметрах эти затворы открыты в маленькие воздушные ионизационные камеры. При образовании свободных носителей заряда под действием ионизирующего излучения в ионизационной камере происходит утечка заряда с затвора транзистора или наоборот, заряд может накапливаться на затворе. При этом меняется и сопротивление канала этого транзистора. Заряд, утраченный или накопленный, пропорционален дозе. Изменяя сопротивление канала, можно оценить накопленную дозу. *DIS* дозиметры не являются прямопоказывающими. Это пассивные накопительные дозиметры. Основные их характеристики приведены в табл.3.

Термолюминесцентные и радиофотолуминесцентные дозиметры

Термолюминесцентные (ТЛД) и радиофотолуминесцентные (РФЛД) дозиметры – пассивные накопительные дозиметры для текущего дозиметрического контроля. Дозиметры представляют из себя моно или поликристаллические структуры (детекторы) с введенным в них активатором, размещенные в корпусе-кассете. Дозиметры, сами по себе не являясь прямопоказывающими, не могут претендовать на статус средств измерений. Поэтому мы в дальнейшем будем рассматривать как средства измерений дозиметрические комплексы, состоящие из детекторов, кассет, в которых они размещены, и считывающего устройства, которое тем или иным способом воздействует на материал детектора, заставляя его высвечивать энергию, накопленную при облучении ионизирующим излучением, в виде фотонов видимого света или ультрафиолета. Считывающее устройство измеряет количе-

ство испущенных детектором фотонов, проводит обработку результатов измерений и рассчитывает дозу, накопленную детектором. Именно по такому принципу и организована база данных в Федеральном информационном фонде Росстандарта.

Метрологические и технические характеристики дозиметрических комплексов ТЛД и РФЛД приведены в табл.4. Нужно отметить, что некоторые комплексы позволяют измерять не только индивидуальные эквиваленты дозы, но и амбиентные, и даже керму в воздухе. В табл.4 мы приводим только данные по индивидуальным эквивалентам. Среди перечисленных в таблице дозиметрических комплексов ДГИ-14 и *Landauer microStar* являются радиофотолуминесцентными, остальные – термолюминесцентными. Несмотря на то, что ДГИ-14 измеряет поглощенную дозу* фотонного излучения, мы включили этот комплекс в таблицу, т. к. данные по поглощенной дозе используются при аварийной дозиметрии и в воинских частях.

Анализируя приведенный в таблице материал, можно сделать заключение, что на рынке есть достаточное количество термолюминесцентных дозиметров для текущего индивидуального дозиметрического контроля. Главное отличие дозиметрических комплексов состоит в их функционале. В этом плане все приборы можно поделить на две категории: автоматы и не автоматы. Автоматические комплексы имеют высокую производительность, автоматическую систему подачи дозиметров для измерения, обеспечивают работу без оператора. Такие приборы предназначены для обслуживания больших предприятий, где количество дозиметров превышает 1000 шт. Полуавтоматы и комплексы с ручной обработкой удобны для работы в небольших компаниях с количеством дозиметров до 500 шт. К автоматическим комплексам относятся *Harshaw 6600* и ТЛД *RADOS*. Остальные комплексы относятся к полуавтоматическим или ручным.

*Из описания типа невозможно понять, к какому материалу относится эта поглощенная доза, поэтому мы были вынуждены оставить текст исходного документа.

Табл.1. Основные метрологические характеристики дозиметров конденсаторного типа.

Название	Производитель	Диапазон АЭД, мкЗв	Диапазон энергий, кэВ	ЭЗЧ ¹ , %	Питание	Диапазон температур, °С	Особенности
ДДГ-01Д	ООО НПФ «Доза»	100÷2·10 ³	50÷2500	25	Пьезоэлектрическое зарядное устройство	-50 ÷ +50	Саморазряд за 24 часа – до 2-х делений
Arrow Tech	Arrow-Tech Inc., США	Модель W138-S: 0÷2,0·10 ³ W500-S: 0÷5,0·10 ³ W725-S: 0÷5,0·10 ⁴	16÷6000	10	Зарядное устройство с двумя элементами АА	-20 ÷ +50	Саморазряд за 24 часа – до 2,5% полной шкалы

¹ ЭЗЧ – энергетическая зависимость чувствительности.

Табл.2.

Название	Производитель	ИЭД, мкЗв погрешность	МИЭД, мкЗв/ч погрешность	Диапазон энергий, кэВ	ЭЗЧ, %	Время работы, ч	Тип элемента питания	Диапазон температур, °С
DMC2000S фотоны $H_p(10)$	«MIRION Technologies (MGPI) SA», Франция	1,0÷1,0·10 ⁷ 20%	500÷1,0·10 ⁷ 20%	50÷6000	20	6000	CR 2450	от -10 до +50
DMC2000GN фотоны $H_p(10)$		1,0÷1,0·10 ⁷ 20%	10÷1,0·10 ⁵ 20%	60÷6000	20			
нейтроны $H_p(10)_n$		20÷1,0·10 ⁷ 20%	100÷1,0·10 ⁵ 20%	2,5·10 ⁻⁵ ÷ 1,5·10 ⁴	-50 ÷ +80			
ДКС3000, ДКС3000WRM фотоны $H_p(10)$	ООО НПФ «РАДИКО»	1,0÷1,0·10 ⁷ 15%	1÷1,0·10 ⁷ 15%	15÷7000	20	2500 2000	AAA (LR03)	от -10 до +50
ДКС3000N фотоны $H_p(10)$		1,0÷1,0·10 ⁷ 15%	1÷1,0·10 ⁷ 15%	15÷7000	20	2000		
нейтроны $H_p(10)$		1,0÷1,0·10 ⁷ 15%	1÷1,0·10 ⁷ 25%	2,5·10 ⁻⁵ ÷ 1,5·10 ⁴	55	2000		
ДКС3000B фотоны $H_p(10)$ фотоны+бета $H_p(0,07)$		1,0÷1,0·10 ⁷ 15% 10÷1,0·10 ⁷ 25%	1÷1,0·10 ⁷ 15% 10÷1,0·10 ⁷ 25%-45%	15÷7000 60÷2300	20 40			
EPD G фотоны $H_p(10)$ фотоны $H_p(0,07)$	«Thermo Fisher Scientific», Великобритания	1,0÷1,6·10 ⁷ 15%	10÷2,0·10 ⁶ 15%	17÷6000	20	5 мес. с элементом LTC	LTC или AA	от -10 до +40
EPD Mk2 фотоны $H_p(10)$ фотоны $H_p(0,07)$		1,0÷1,6·10 ⁷ 15% 1,0÷1,6·10 ⁷ 25%	10÷2,0·10 ⁶ 15% 10÷2,0·10 ⁶ -	20÷2000	20	42 сут. с элементом AA		
бета $H_p(0,07)$		1,0÷1,6·10 ⁷ 30%	10÷1,0·10 ⁶ 25%	250÷1500	30			
EPD N2 фотоны $H_p(10)$		1,0÷1,6·10 ⁷ 15%	10÷4,0·10 ⁶ 15%	20÷6000	20			
нейтроны $H_p(10)_n$		1,0÷1,6·10 ⁷ 35%	-	2,5·10 ⁻⁵ ÷ 1,5·10 ⁴	-			

Табл.2. Продолжение.

Название	Производитель	ИЭД, мкЗв погрешность	МИЭД, мкЗв/ч погрешность	Диапазон энергий, кэВ	ЭЗЧ, %	Время работы, ч	Тип элемента питания	Диапазон температур, °С
ДКГ-05Д фотоны $Hp(10)$	ООО НПП «Доза»	$0,1 \div 1,5 \cdot 10^7$ 15%	$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	50÷3000	30	100	аккумуляторная батарея	от -20 до +45
ДВС-02Д фотоны $Hp(10)$ нейтроны $Hp(10)n$	ООО НПП «Доза»	$1 \div 1,5 \cdot 10^7$ 15% $20 \div 1,5 \cdot 10^7$ 15%	- -	50÷6000 $2,5 \cdot 10^{-3} \div 2,0 \cdot 10^4$	35 -50÷+80	200	аккумуляторная батарея ААА	от -20 до +50
ДКГ-25Д фотоны $Hp(10)$	ООО НПП «Доза»	$1 \div 1,0 \cdot 10^6$ 15%	$1 \div 1,0 \cdot 10^6$ 20%	50÷3000	25	1400	CR2450	от -20 до +50
RAD-62S фотоны $Hp(10)$	«MIRION Technologies (RADOS)Oy», Финляндия	$1 \div 1,0 \cdot 10^6$ 15%	$5 \div 3,0 \cdot 10^6$ 15%	55÷3000	25	1800	ААА (LR03)	от -10 до +50
фотоны ДКГ-АТ2503 $Hp(10)$	УП «АТОМТЕХ», Респ.Беларусь	$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 5,0 \cdot 10^5$ 15%	50÷53000	30	1000	SR44	от -10 до +40
ДКГ-АТ2503А $Hp(10)$		$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 1,0 \cdot 10^5$ 15%	50÷53000				от -10 до +40
ДКГ-АТ2503В/2 $Hp(10)$		$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	50÷10000				от -30 до +60
ДКГ-АТ2503В $Hp(10)$		$0,1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 1,0 \cdot 10^6$ 15%	50÷10000				от -30 до +60
ДКГ-АТ2503В/1 $Hp(10)$		$0,1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 2,0 \cdot 10^5$ 15%	50÷10000				от -30 до +60
ДКС-АТ3509 фотоны $Hp(10)$	УП «АТОМТЕХ», Респ.Беларусь	$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 1,0 \cdot 10^6$ 15%	15÷10000	25	24	ААА 2 шт.	от 0 до +40
ДКС-АТ3509А фотоны $Hp(10)$		$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 1,0 \cdot 10^6$ 15%	30÷10000	25			
ДКС-АТ3509В фотоны $Hp(10)$		$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 1,0 \cdot 10^6$ 15%	15÷10000	25			
фотоны $Hp(0,07)$		$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 1,0 \cdot 10^6$ 15%	15÷10000	30			
ДКС-АТ3509С фотоны $Hp(10)$		$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 5,0 \cdot 10^6$ 15%	15÷10000	25			
фотоны $Hp(0,07)$		$1 \div 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \div 5,0 \cdot 10^6$ 15%	15÷10000	30			

Табл.2. Продолжение.

Название	Производитель	ИЭД, мкЗв погрешность	МИЭД, мкЗв/ч погрешность	Диапазон энергий, кэВ	ЭЗЧ, %	Время работы, ч	Тип элемента питания	Диапазон температур, °С
ДКГ-PM1300 фотоны $H\alpha(10)$	ООО «Полимастер», Респ.Беларусь	$1 \pm 2,0 \cdot 10^7$ 15%	$1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	15±20000	15	3000	элемент ААА или аккумулят. NiMH	от -20 до +50
ДКГ-PM1610 фотоны $H\alpha(10)$	ООО «Полимастер», Респ.Беларусь	$0,05 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	20±10000	30	720 от аккумулят.	элемент ААА или аккумулят.	от -20 до +50
ДКГ-PM1610-01 фотоны $H\alpha(10)$		$0,05 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%			480 от элемента ААА		
ДКГ-PM1610А фотоны $H\alpha(10)$		$0,05 \pm 2,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%					
ДКГ-PM1610А-01 фотоны $H\alpha(10)$		$0,05 \pm 2,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%					
ДКГ-PM1610В фотоны $H\alpha(10)$		$0,05 \pm 2,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%					
ДКГ-PM1610В-01 фотоны $H\alpha(10)$		$0,05 \pm 2,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%					
ДКГ-PM1621 фотоны $H\alpha(10)$	ООО «Полимастер», Респ.Беларусь	$1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^5$ 15%	10±20000	30	-	элемент АА	от -40 до +60
ДКГ-PM1621М фотоны $H\alpha(10)$		$1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^5$ 15%					
ДКГ-PM1610А фотоны $H\alpha(10)$		$1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^6$ 15%					
ДКГ-PM1610МА фотоны $H\alpha(10)$		$1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$0,1 \pm 1,0 \cdot 10^6$ 15%					
ДКГ-PM1904 фотоны $H\alpha(10)$	ООО «Полимастер», Респ.Беларусь	$1 \pm 1,0 \cdot 10^7$ 15%	$1 \pm 1,0 \cdot 10^5$ 15%	59±1500	30	2000	аккумулят.	от -20 до +50

Табл.3.*

Название	Производитель	ИЭД, мкЗв погрешность	Диапазон энергий, кэВ	ЭЗЧ, %	Диапазон температур, °С
DIS-1, DIS-1H3 фотоны $H_p(10)$	«MIRION Technologies (RADOS) Oy», Финляндия	$1 \div 4,0 \cdot 10^7$ Погрешность в диапазоне 1÷6 рассчитывают по формуле: $\pm 100/H_p(10)$ в мкЗв. Погрешность в диапазоне 6÷ $1,0 \cdot 10^6$ равна 15%. Погрешность в диапазоне $1,0 \cdot 10^6 \div 4,0 \cdot 10^7$ равна 20%.	15÷7000	30	от -10 до +50
DIS-1 фотоны $H_p(0,07)$		$10 \div 4,0 \cdot 10^7$ Погрешность в диапазоне 6÷60 рассчитывают по формуле: $\pm 1000/H_p(10)$ в мкЗв. Погрешность в диапазоне 60÷ $4,0 \cdot 10^7$ равна 20%.	6÷7000	30	от -10 до +50
бета $H_p(0,07)$			240÷2200	-50 ÷ +10	
DIS-1H3 фотоны $H_p(3)$		$10 \div 4,0 \cdot 10^7$ Погрешность в диапазоне 6÷60 рассчитывают по формуле: $\pm 1000/H_p(10)$ в мкЗв. Погрешность в диапазоне 60÷ $4,0 \cdot 10^7$ равна 20%.	15÷7000	30	от -10 до +50
бета $H_p(3)$			800÷2200	-40 ÷ +30	

*Поскольку модификация EDIS-1 предназначена для измерения амбиентного эквивалента дозы, она не приведена в таблице.

Табл.4.

Название	Производитель	Дозиметры	ИЭД, мкЗв погрешность	Диапазон энергий, кэВ	ЭЗЧ, %	Тип считывателя
Harshaw 6600, Harshaw 6600 LITE, Harshaw 6600 PLUS	Thermo Fisher Scientific Inc. США	ТЛД-100, ТЛД-600, ТЛД-700, DXT-707H				Обдув горячим сухим газообразным азотом
фотоны $H_p(10)$			$100 \div 1,0 \cdot 10^6$ (до $1,0 \cdot 10^7$ с доп. фильтром) 15%	30÷6000	-	
фотоны $H_p(3)$			$100 \div 1,0 \cdot 10^6$ (до $1,0 \cdot 10^7$ с доп. фильтром) 15%	30÷6000	-	
фотоны $H_p(0,07)$			$100 \div 1,0 \cdot 10^6$ (до $1,0 \cdot 10^7$ с доп. фильтром) 15%	30÷6000	-	
бета $H_p(0,07)$			$100 \div 1,0 \cdot 10^6$ (до $1,0 \cdot 10^7$ с доп. фильтром) 20%	больше 200	-	
нейтроны $H_p(10)$			$100 \div 1,0 \cdot 10^6$ (до $1,0 \cdot 10^7$ с доп. фильтром) 30%	$2,5 \cdot 10^{-5} \div 1,0 \cdot 10^4$	-	

Табл.4. Продолжение.

Название	Производитель	Дозиметры	ИЭД, мкЗв погрешность	Диапазон энергий, кэВ	ЭЗЧ, %	Тип считывателя
ТЛД RADOS фотоны $H\alpha(10)$	«MIRION Technologies Oy», Финляндия	SD-I, SD _E -I,	30±1,0·10 ⁷	15÷20000	20	Обдув горячим сухим газообразным азотом
		SD _H -IA,	10±1,0·10 ⁶		30	
		SD _R -I,	50±1,0·10 ⁷		25	
		NAD	100±1,0·10 ⁷		-	
			10%			
фотоны $H\alpha(3)$		SD-I, SD _E -I,	30±1,0·10 ⁷	15÷20000	30	
		SD _H -IA,	10±1,0·10 ⁶	15÷20000	25	
		SD _R -I,	50±1,0·10 ⁷	15÷20000	35	
		EYE-D	10±1,0·10 ⁶	15÷3000	30	
		ExWD-BG	10±1,0·10 ⁶	15÷3000	25	
	20%					
фотоны $H\alpha(0,07)$		SD-I, SD _E -I,	30±1,0·10 ⁷	15÷20000	40	
		SD _H -IA,	10±1,0·10 ⁶	15÷20000	20	
		SD _R -I,	50±1,0·10 ⁷	15÷20000	45	
		ExFD-G,	50±1,0·10 ⁷	15÷3000	50	
		ExFD-BG,	10±1,0·10 ⁶	15÷3000	30	
		ExWD-BG	10±1,0·10 ⁶	15÷3000	20	
	20%					
бета $H\alpha(0,07)$		SD-I, SD _E -I,	30±1,0·10 ⁷	200±2200	40	
		SD _H -IA	10±1,0·10 ⁶		20	
		SD _R -I,	50±1,0·10 ⁷		45	
		ExFD-BG,	10±1,0·10 ⁶		30	
		ExWD-BG	10±1,0·10 ⁶		20	
	15%					
нейтроны $H\alpha(10)$		NAD	100±1,0·10 ⁷	2,5·10 ⁻⁵ ÷ 1,4·10 ⁴	-	
			30%			
Доза-ТЛД фотоны $H\alpha(10)$	ООО НПП «Доза»	ТЛД-3 (LiF:Mg,Ti)	20±1,0·10 ⁷	15÷18000	15	Омический нагрев электрическим током
		ТЛД-3 (LiF:Mg,Cu,P)	15%	15÷18000	15	
		ДТЛ-2, DTU-1 (LiF:Mg,Cu,P)		15÷18000	30	
		DTU-2 (Al ₂ O ₃)		80±6000	30	
		ДВНГ-М (⁷ LiF:Mg,Ti)		15÷18000	30	
		EYE-D (LiF:Mg,Ti)	20±1,0·10 ⁷	15÷18000	20	
		(LiF:Mg,Cu,P)	15%	700±3000 бета	20	
		Finger Ring Type G (LiF:Mg,Ti)	20±1,0·10 ⁷	10±6000	20	
		(LiF:Mg,Cu,P)	15%			
		Finger Ring Type BG (LiF:Mg,Cu,P)	20±1,0·10 ⁷	50±3000	20	
	15%					
бета $H\alpha(0,07)$						
нейтроны $H\alpha(10)$		ДВНГ-М (⁶ LiF:Mg,Ti)	100±2,0·10 ⁶	2,5·10 ⁻⁵ ÷ 2,0·10 ⁴	40	
			25%			

Табл.4. Продолжение.

Название	Производитель	Дозиметры	ИЭД, мкЗв погрешность	Диапазон энергий, кэВ	ЭЗЧ, %	Тип считывателя
DTU-01M фотоны $H_p(10)$	ООО «Научно-производственное предприятие ЛТ»	DTU-1	10±5,0·10 ⁷ 20%	15÷20000	30	Омический нагрев электрическим током
		DTU-2		80÷3000		
АКИДК-103РЗ фотоны $H_p(10)$	ООО «Уралприбор»	ДТЛ-02 ДВГ-02 ДВГН-02	50±1,0·10 ⁷ 15%	15÷20000	15	ВЧ нагрев электрическим током
нейтроны $H_p(10)$		ДВГН-02	100±2,0·10 ⁶ 15%	5·10 ⁻⁴ ÷ 2,0·10 ⁴	50	
АКИДК-401 фотоны $H_p(0,07)$	ООО «Уралприбор»	ДВДС-1 ДВДС-02	2000±1,0·10 ⁷ 25%	10÷3000 20÷3000	40	ВЧ нагрев электрическим током
бета $H_p(0,07)$		ДВДС-1 ДВДС-02	2000±1,0·10 ⁷ 25%	200÷2250 600÷2250	40 70	
фотоны $H_p(3)$		ДВДС-1 ДВДС-02	100±1,0·10 ⁷ 25%	10÷3000 20÷3000	40	
бета $H_p(3)$			100±1,0·10 ⁷ 25%	200÷2250 600÷2250	40 70	
АКИДК-302 фотоны $H_p(10)$	ООО «Уралприбор»	ДТЛ-01 ДВГ-01	50±1,0·10 ⁷ 15% 50±2,0·10 ⁶ 15%	15÷23000 15÷23000	15	ВЧ нагрев электрическим током
		ДВГН-01	50±2,0·10 ⁶ 15%	15÷23000		
нейтроны $H_p(10)$		ДВГН-01		5·10 ⁻⁴ ÷ 2,0·10 ⁴	50	
ДГИ-14 фотоны поглощенная доза	ООО «НПФ «Люмэкс-защита»	ИД-14	50±5,0·10 ⁷ 15%	80÷11000	-	Возбуждение ультрафиолетовым излучением
Landauer micro Star фотоны $H_p(10)$	Landauer Europe SAS, Франция	InLight+GA	50±1,0·10 ⁷ 30%	16÷6000	20	Возбуждение ультрафиолетовым излучением
		InLight+BA	100±1,0·10 ⁷ 25%	40÷1250	25	
фотоны $H_p(0,07)$		InLight+GA	50±1,0·10 ⁷ 30%	16÷1250	20	
		InLight+BA	100±1,0·10 ⁷ 25%	40÷600	25	
		InLight nanoDot	100±1,0·10 ⁷ 20%	16÷25000	25	
бета $H_p(0,07)$		InLight+GA	50±1,0·10 ⁷ 30%	250÷2200	25	
нейтроны $H_p(10)$		InLight+BA	200±1,0·10 ⁷ 30%	-	-	

Литература

1. Мартынюк Ю.Н. Государственный реестр средств измерений: поисковые дозиметры // АНРИ. 2020. N 3(102). С. 26-32.
2. Мартынюк Ю.Н. Государственный реестр средств измерений. Часть 2. Дозиметры общего назначения, импульсные и специальные // АНРИ. 2020. N 4(103). С. 3-13.
3. МАГАТЭ. Оценка профессионального облучения от внешних источников ионизирующего излучения. Руководство по безопасности RS-G-1.3. Вена, 1999.
4. МКРЗ. Публикация 103. Рекомендации 2007 года Международной Комиссии по Радиационной защите. М., 2009.
5. Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Методические указания МУ 2.6.5.026-2016. М., 2017.

State Register of Measuring Instruments. Part 3. Individual Dosimeters

Martyniuk Yuri (SPC «Doza», Ltd, Zelenograd, Russia)

Abstract. The results of comparison of personal dosimeters included in the State Fund of Metrology of Russian Federation are presented.

Key words: *personal dosimeter, measuring device, State Fund of Metrology of Russian Federation, direct reading electronic dosimeters, TLD-dosimeters.*

Ю.Н.Мартынюк (к.ф.-м.н., гл.констр.) – НПП «Доза», г. Зеленоград.

Контакты: тел. +7 (495) 777-84-85; e-mail: martin@doza.ru.