

Государственный реестр средств измерений РФ: приборы радиационного контроля.

Часть 2. Носимые радиометры-дозиметры

Данная статья является продолжением полного обзора приборов радиационного контроля, внесенных в Государственный реестр средств измерений РФ, начатого в предыдущем номере АНРИ [1].

К.Нурлыбаев (ЗАО НПП «Доза», г. Зеленоград)

Классу радиометров-дозиметров относятся многофункциональные приборы, способные измерять параметры нескольких видов ионизирующих излучений: фотонного (т.е. гамма- и/или рентгеновского), нейтронного, альфа- и бета-излучений.

Сделаем небольшое отступление для читателей, не являющихся специалистами в области ионизирующих излучений: гамма- и рентгеновское излучения имеют одинаковую природу и состоят из фотонов, но имеют разное происхождение. Фотоны гамма-излучения возникают при ядерных превращениях, вылетают из ядра вещества и имеют характерную для каждого нуклида энергию. Фотоны рентгеновского излучения возникают при торможении электронов в кулоновском поле ядра и вылетают из атома вещества. Торможение отрицательно заряженных электронов в поле положительно заряженного ядра происходит не мгновенно, а постепенно, поэтому фотоны рентгеновского излучения имеют различную энергию: от нуля до энергии, равной максимальной энергии электронов.

Фотонное и нейтронное излучения относятся к сильнопроникающим излучениям. Приборы, регистрирующие эти типы излучений, определяют операционную величину – амбиентный эквивалент дозы $\dot{H}^*(10)$ (или мощность амбиентного эквивалента дозы $\dot{H}^*(10)$) этих излучений [2,3]. Такие приборы или соответствующие блоки детектирования радиометров-дозиметров называются дозиметрическими.

Радиометры и дозиметрические блоки детектирования измеряют плотность потока частиц (излучений) и применяются обычно для контроля поверхностных загрязнений альфа- и бета-излучающими нуклидами. Эти приборы измеряют число частиц, пересекающих единичную площадь блока детектирования за единицу времени (обычно в част./ $(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$), как в таблице 8.9 НРБ-99; реже применяется величина част./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$). Автор считает недопустимым с точки зрения метрологии применение такой характеристики загрязнения как «поверхностная активность в Бк/ см^2 », которая используется в некоторых зарубежных приборах, т.к. эта величина требует знания

радионуклидного состава загрязнения и учета особенностей контролируемой поверхности, в то время как приборы, градуированные в единицах част./ $(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ измеряют физическую величину, характеризующую поле излучения в точке нахождения блока детектирования.

В то же время, для решения многих практических задач необходимы поисковые приборы гамма- и нейтронного излучений. В Госреестре присутствует целый ряд радиометров гамма- и нейтронного излучений, но зарегистрированы они как дозиметры, что приводит к конфузам на практике при сличении показаний «настоящих» дозиметров и таких радиометров. Здесь нет злого умысла со стороны производителей, вносящих свои радиометры в Госреестр в качестве дозиметров, все дело в существующей системе метрологического обеспечения.

В стране фактически не существует метрологического обеспечения радиометров фотонного и нейтронного излучений. Несмотря на то, что государственные эталоны плотностей потока в метрологических центрах имеются, поверочные установки в тер-

риториальных органах и на предприятиях не аттестованы по плотности потока. Поэтому производители и изошряются, внося свои поисковые приборы в Госреестр как дозиметры и приводя нормируемые метрологические характеристики (например, диапазон измерения и погрешность) для определенных условий облучения (например, в коллимированном пучке источника Cs-137 или PuBe). Следует отметить, что эти приборы трудно назвать и радиометрами, т.к. никто не испытывал их в качестве измерителей плотности потока, да еще и во всем диапазоне энергий. В общем-то, на практике этого от них и не требуется, т.к. для решения поисковых задач они должны всего лишь иметь высокую чувствительность и показывать «больше-меньше» при приближении или удалении от источника. Фактически, правильнее всего их можно было бы назвать индикаторами. Однако в Госреестр средств измерений вносятся лишь приборы с нормируемыми метрологическими характеристиками, а приборы-индикаторы без сертификата никому не интересны. Потребителям нужны средства измерения с сертификатом и поверкой, но в то же время, к примеру, таможеннику не хочется таскать дозиметр нейтронов с замедлителем весом 12 кг для определения транспортного индекса груза, ему бы хотелось иметь дозиметр весом не более 1–2 кг. Так он и получает сертифицированный прибор, измеряющий мощность дозы нейтронов только в коллимированном пучке PuBe.

Что же касается поисковых приборов гамма-излучения, то они имеют существенную зависимость чувствительности от энергии, о чем мы еще будем говорить ниже. Если выравнивать эту зависимость с помощью фильтров и

Таблица 1. Результаты измерений, проведенных в 1990 г. на детской площадке г.Припять (в МР/ч).

Прибор	Трава, высота 1 м	Асфальт, высота 1 м
Ратон-1	1,16	0,9
ДРГ-01Т	1,19	0,88
МКС-01Р	1,2	0,9
СРП-68	2,28	1,9
ДП-5В	1,2	0,9
РАМ-63	2	1,6

программных средств, то приборы значительно потеряют в чувствительности. Поэтому они поверяются (и правильно показывают мощность дозы) лишь в определенных условиях, например, в коллимированном пучке источника Cs-137. Использовать их в качестве дозиметров в широком диапазоне энергий некорректно.

У потребителей часто возникает также задача экспрессного определения радионуклидного состава источника. Она решается с помощью т.н. идентификаторов. Идентификатор – это обычный переносной спектрометр, но в связи с тем, что измерение спектра производится в неопределенных геометриях и без защиты, он, в отличие от спектрометра, не имеет нормируемых метрологических характеристик и вносится в Госреестр как радиометр.

Как это часто бывает, при попытке донести до читателя простую мысль приходится приводить множество дополнительной информации, которую он не ожидает, но в данном случае без объяснения деталей останутся неясными принципиальные вопросы. Поэтому вернемся к одной из важнейших характеристик дозиметрических приборов – зависимости чувствительности приборов от энергии излучения.

Поверка дозиметров фотонного излучения проводится по источнику цезий-137, т.е. потребитель может быть уверен в том, что при энергии 662 кэВ дози-

метр показывает правильное значение мощности дозы. С изменением энергии регистрируемого фотонного излучения меняется и эффективность регистрации фотонов детектором. (Под эффективностью регистрации детектора понимается отношение числа зарегистрированных частиц к числу частиц, падающих на детектор.) Это естественно и не создавало бы никаких проблем, если бы материал детектора был тканезэквивалентным, и эффективность регистрации изменялась бы при изменении энергии так же, как изменяется амбиентный эквивалент дозы $N^*(10)$ с энергией фотонов [4].

Но эффективный атомный номер материалов детекторов (например, стальных стенок газоразрядных счетчиков, где происходит ионизация, или кристалла NaI(Tl)) обычно существенно выше эффективного атомного номера мягкой биологической ткани (O – 76,2 %, C – 11,1 %, H – 10,1 %, N – 2,6 %). Из-за этого для фото-

Таблица 2.

Прибор	Коэффициент
ДРГ-01Т	1,0
ДРГЗ-02	0,79
МКС-01Р:	
- блок БДКГ	0,78
- блок БДКБ	1,05
ДП-5	1,16
СРП-68-01	0,41
РАТОН	0,99
РАМ-63	0,6

Таблица 3. Радиометры-дозиметры, внесенные в Госреестр РФ.

Заявитель	альфа-детектор	бета-детектор	гамма-детектор	рентгеновский детектор	детектор нейтронов	Наименование прибора
1	2	3	4	5	6	7
НТЦ "Амплитуда"	счетчик ГМ		сцинтилляционный			МКС/СРП-08А
НПЦ "Аспект"		счетчик ГМ	счетчик ГМ		счетчик He-3 (индикатор)	МКС-05А
ДГП "Атомтех"	счетчик ГМ		сцинтилляционный + счетчик ГМ			МКС-АТ1125, МКС-АТ1125А
	сцинтилляционный	сцинтилляционный	сцинтилляционный	сцинтилляционный	счетчик He-3	МКС-АТ1117М
	счетчик ГМ					МКС-АТ6130, А, В
ФГУ НПП "Геологоразведка"	сцинтилляционный	сцинтилляционный	сцинтилляционный			МКС-АТ6101, А, В, Д
			сцинтилляционный (индикатор)			СРП-97 Приборы геологоразведочные
НПП "Доза"	счетчик ГМ					МКС-05 "Терра"
		счетчик ГМ	счетчик ГМ			МКС-10Д "Чибиc"
	сцинтилляционный	сцинтилляционный + счетчик ГМ	сцинтилляционный + счетчик ГМ	сцинтилляционный	сцинтилляционный	ДКС-96
ООО "ДРГБ"	счетчик ГМ					МКГ-01, -10/10, -0/10, -1/1, -0/1
	счетчик ГМ					ДРГБ-01 "ЭКО-1", "ЭКО-1М"
Завод "Маяк"	сцинтилляционный	счетчик ГМ	счетчик ГМ		нет информации	МКС-02СМ4
			счетчик ГМ		нет информации	МКС-03С
	сцинтилляционный	счетчик ГМ	счетчик ГМ		нет информации	МКС-02СМ
	сцинтилляционный	счетчик ГМ				РЗС-09С Радиометры загрязненности
ОАО "Механический завод"		счетчик ГМ				МКС-151
ООО "Полимастер"	счетчик ГМ		сцинтилляционный (индикатор)			МКС-PM1401K
	счетчик ГМ		сцинтилляционный + счетчик ГМ		счетчик He-3 (индикатор)	МКС-PM1402M
			сцинтилляционный (индикатор)		счетчик He-3 (индикатор)	ИСП-М1401К-01 (PM1401GN) Измерители-сигнализаторы поисковые
			сцинтилляционный (индикатор)			ИСП-PM1701, ИСП-PM1701M Измерители-сигнализаторы поисковые
ООО "Политехформ"	счетчик ГМ	счетчик ГМ	счетчик ГМ			МКС-07Н
	счетчик ГМ		счетчик ГМ			ДРБП-03
ЗАО "Полифон"	счетчик ГМ		сцинтилляционный (индикатор)			МКС-PM1401K
ПКФ "Прим"		пропорциональный счетчик				РКС-02 "Стриж"
Приборный завод "Сигнал"		счетчик ГМ	счетчик ГМ			ИМД-2НМ Измерители мощности дозы
ЗАО "СНИИП-Аверс"	счетчик ГМ					МКС-08П, П1, П2, П3
	счетчик ГМ					ИРД-02
ЗАО "СНИИП-Аунис"	счетчик ГМ					МКС-01СА

Таблица 3. Радиометры-дозиметры, внесенные в Госреестр РФ. (Продолжение).

1	2	3	4	5	6	7
ЗАО "СНИИП-Конвэл"	сцинтилляционный комбинированный	сцинтилляционный				РЭС-10М
"Спаринг-Вист"		счетчик ГМ				МКС-05 "Терра"
ООО "Фалко"		счетчик ГМ				ДРГБ-01 "ЭКО-1"
		счетчик ГМ				ДРГБ-04, ДРГБ-04Н
ООО "Экорад"		счетчик ГМ				МКГ-01, 0/1, 1/1, 0/10, 10/10, 0,2/1, 0,2/2
НТЦ "Экспертцентр"		нет информации	нет информации			МКС-14ЭЦ
		счетчик ГМ				МКС-15ЭЦ

нов низких энергий в результате фотоэффекта, который является доминирующим типом взаимодействия фотонов низких энергий с веществом и вероятность которого сильно зависит от атомного номера вещества (вероятность фотоэффекта $\sim Z^4/E^3$) показываемое прибором значение мощности дозы значительно превышало бы мощности $H^*(10)$, если бы не проводилась коррекция зависимости чувствительности детектора от энергии. Коррекция проводится таким образом, чтобы чувствительность детектора во всем диапазоне энергий отличалась от чувствительности при 662 кэВ не более чем на 25–30%. Это достигается разными способами для разных типов детекторов.

Если кто-то из читателей разбирал дозиметр с газоразрядными счетчиками, то он, вероятно, обратил внимание, что счетчики завернуты в свинцовую фольгу. Это сделано для того, чтобы уменьшить чувствительность детектора к фотонам с малыми энергиями, т.к. именно в этой области, как уже говорилось, наблюдается существенное увеличение чувствительности. Но при этом повышается нижняя граница диапазона энергий регистрируемых фотонов, и дозиметры с газоразрядными счетчиками со стальными стенками и энергокомпенсирующим фильтром не способны измерять мощность дозы фотонов с энергиями ниже 50 кэВ. Для

измерений $H^*(10)$ фотонов низких энергий (от 15–20 кэВ) применяются органические сцинтилляторы, атомные номера которых близки к атомному номеру ткани (дозиметры ДКС-АТ1121/1123, ДКС-96Г) или ионизационные камеры с тканеэквивалентными стенками (дозиметр 451В-DE-SI Victoreen). В приборах с кристаллами NaI(Tl) для измерения мощности $H^*(10)$ применяются спектрометрические методы, но при этом они также не способны измерять мощность дозы низкоэнергетических фотонов.

Для примера того, как зависимость чувствительности от энергии может повлиять на результаты измерений, приведу фактические материалы. В 1988–90 г.г. под руководством П.Ф.Масляева (Центр метрологии ионизирующих излучений ГП «ВНИИФТРИ») проводились работы по определению «эффективной радиационной толщины» дозиметров фо-

тонного ионизирующего излучения. В рамках этих работ исследовалось влияние зависимости чувствительности от энергии на показания дозиметров в реальных полях излучения в 30 км зоне Чернобыльской АЭС [5].

Измерения проводились во многих точках; для примера рассмотрим результаты измерений в одной из них разными приборами (таблица 1).

Как легко видеть, показания приборов существенно отличаются, хотя все они были предварительно поверены в поле источника Cs-137 по мощности экспозиционной дозы.

В результате проведенных работ были введены следующие коэффициенты, на которые следовало умножать показания приборов для получения правильных результатов (таблица 2).

Наиболее значительные отклонения наблюдались у МКС-01Р со сцинтилляционным блоком БДКГ

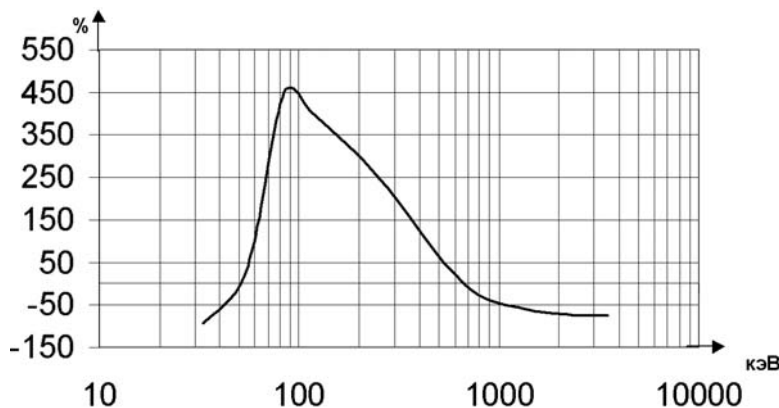


Рис. 1. Энергетическая зависимость чувствительности измерителя-сигнализатора ИСП-РМ1401К-01.

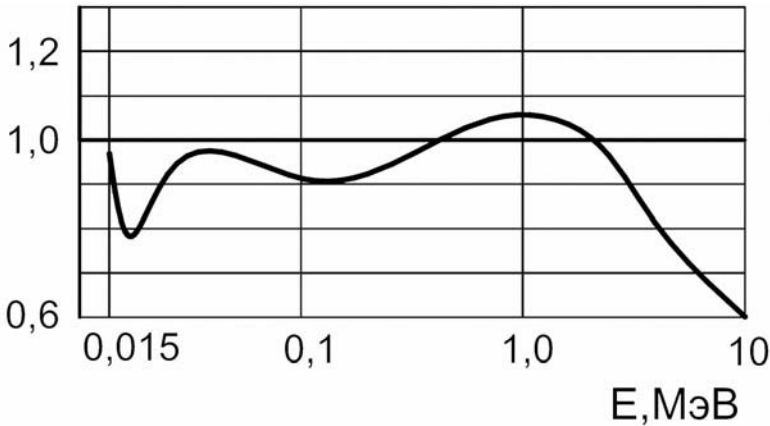


Рис.2. Зависимость чувствительности от энергии дозиметров ДКС-АТ1121/1123.

и у сцинтилляционного (NaI(Tl)) поискового радиометра СРП-68-01 (случайно занесенный в Чернобыльскую зону иностранный РАМ-63 не рассматриваем). К сожалению, у нас нет данных по энергетической зависимости чувствительности СРП-68-01, но можно привести эту зависимость для аналогичного сцинтилляционного поискового прибора – измерителя-сигнализатора ИСП-РМ1401К-01 (рис.1).

Как видно из рис.1, показания прибора, поверенного в поле источника Cs-137, могут превышать реальную мощность дозы более чем в 4 раза (при энергиях около 100 кэВ).

В то же время, применяя органические сцинтилляторы, удастся

получать приемлемые зависимости чувствительности от энергии и у сцинтилляционных приборов (рис.2).

Дозиметры с ионизационными камерами (и тканеэквивалентными стенками) также имеют незначительную зависимость чувствительности от энергии в широком диапазоне энергий (рис.3).

Однако наше отступление несколько затянулось. Рассмотрим список носимых радиометров-дозиметров, внесенных в Госреестр РФ (таблица 3). Сделанные выше замечания дают возможность предостеречь читателей от применения в дозиметрии радиометров, помеченных нами в таблице как индикаторы (причины их внесения в Госреестр мы только

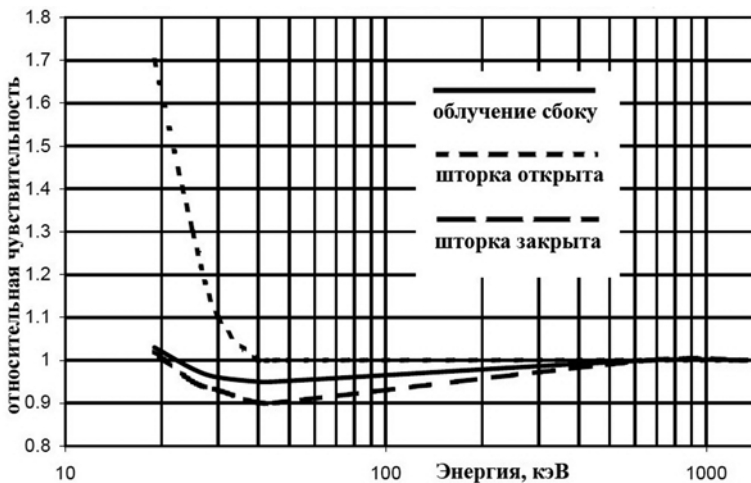


Рис.3. Энергетическая зависимость чувствительности дозиметра 451В-DE-SI фирмы Fluke (марка Victoreen) при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы $H^*(10)$.

что рассмотрели).

В таблице 3 приведены типы детекторов, применяемых в приборах для регистрации каждого вида излучения. В некоторых приборах (как, например, ДКС-96) имеются несколько типов детекторов для регистрации одного вида излучения (например, сцинтилляционные и счетчики Гейгера-Мюллера для регистрации бета-излучения), а в МКС-РМ1402М имеются как поисковый сцинтилляционный блок (сигнализатор), так и блок со счетчиком Гейгера-Мюллера для регистрации гамма-излучения.

В некоторых приборах для регистрации нескольких видов излучения применяется один детектор. Так, например, счетчики Гейгера-Мюллера приборов ДРБП-03, СРП-08А, МКС-АТ1125, МКС-РМ1402М при закрытой крышке-фильтре измеряют плотность потока бета-частиц, а при открытой – плотность потока альфа-частиц. В приборах МКС-АТ6130, МКС-05, ДРГБ-01, МКГ-01, МКС-151, МКС-08П, ИРД-02 счетчики Гейгера-Мюллера при закрытой крышке-фильтре измеряют мощность дозы гамма-излучения, а при открытой – плотность потока бета-частиц.

При совместном рассмотрении данных таблицы 3 данной статьи и перечня дозиметров, приведенного в предыдущем обзоре [1, табл.2], можно видеть, что дозиметров, измеряющих мощность дозы $H^*(10)$ рентгеновского излучения в соответствии с СанПиН [6] и с понятными принципами измерения в Госреестре имеется всего четыре: МКС-АТ1117М, ДКС-АТ1121, ДКС-АТ1123 и ДКС-96Г.

Во всех этих дозиметрах применяются органические сцинтилляторы. Остановимся более подробно на других приборах, которые указаны в двух вышеприве-

денных таблицах в качестве аппаратуры, регистрирующей рентгеновское излучение: МКГ-01, РКС-02 «СТРИЖ» и РЗС-10М (при этом заявлено, что РЗС-10М не измеряет $H^*(10)$).

В приборе МКГ-01 и его модификациях используются газоразрядные счетчики СБТ-10А со стальными стенками и с тонким окном на одной из сторон. Возможно разработать фильтр для тонкого окна для корректного измерения амбиентного эквивалента дозы $H^*(10)$, падающего со стороны окна гамма- и рентгеновского излучения. Но при этом нельзя забывать, что $H^*(10)$ должен определять дозовую нагрузку на человека от излучения, падающего на него со всех сторон (как прямого, так и рассеянного). Понятно, что в случае использования такого счетчика в качестве детектора рентгеновского излучения (с энергией от 15 кэВ) не обеспечивается изотропия чувствительности [7]. Поэтому при измерениях, например, в рентгеновских кабинетах за защитой, где имеется существенный вклад рассеянного излучения в общую дозу (и где, собственно, и находится персонал), мы получим недооценку дозы от рассеянного излучения, т.к. стальные стенки счетчика задержат низкоэнергетическое рентгеновское излучение, падающее не со стороны окна.

В Госреестре имеется только один пример корректного использования газоразрядного счетчика с тонким окном для дозиметрии рентгеновского излучения – в приборе РМ-1621. Однако РМ-1621 – это индивидуальный дозиметр, располагающийся на теле человека в определенной геометрии, и в этом случае испытание зависимости чувствительности от угла падения излучения проводится для углов $\pm 60^\circ$.

На основании материалов,

представленных в Госреестре, оказалось непосильной задачей понять, для каких целей используется прибор РКС-02 «СТРИЖ» и к какому классу его отнести. С одной стороны, в Госреестре в графе «Применение» указано: «Для измерения активности гамма- и бета-излучающих радионуклидов спектрометрическим методом...», т.е. прибор надо бы отнести к спектрометрам. Однако, там же продолжается: «...и поиска локальных загрязнений, для применения при проведении оперативного радиационного контроля на рабочих местах, в помещениях, на территориях предприятий, использующих радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения, оценки загрязнения зданий, строительных материалов, металлолома и сырья радионуклидами, а также для использования при измерении активности радионуклидов в объемных счетных образцах, поверхностной активности радионуклидов, а также для определения в естественном залегании массовых долей естественных радионуклидов (ЕРН) Ra, Th, K и эффективной удельной активности ЕРН при наличии соответствующих калибровок и методик выполнения измерений (МВИ), аттестованных в установленном порядке». Не проясняет ситуацию и энергетический диапазон: «Диапазон энергий регистрируемых излучений, кэВ, гамма- и рентгеновское излучение от 15 до 3000; бета-излучение свыше 600». Остается лишь добавить, что в приборе используются счетчики типа СИ-41Г и СИ-42БГ, как указано, «работающие в области напряжений пропорционального счета». Честно скажу, мне непонятно, что это все может означать.

В заключение этого раздела

остановимся на блоках детектирования альфа- и бета-частиц. Для регистрации альфа-излучения чаще всего применяются сцинтилляционные детекторы, покрытые ZnS(Ag). В ряде случаев используются и другие способы детектирования, например, кремниевый детектор в альфа-радиометре ДКС-96Ат, газоразрядный счетчик в режиме коронного разряда в МКС-07Н. Для регистрации бета-излучения используются плоские счетчики Гейгера-Мюллера с окном из тонкой слюды или пластиковые сцинтилляторы. При этом нельзя думать, что прибор каким-то чудесным образом распознает и отдельно регистрирует данный вид излучения. Дело в том, что эффективность регистрации бета-частиц детекторами в сотни раз выше, чем эффективность регистрации гамма-излучения, из-за чего при фоновых значениях гамма-излучения его вкладом в результат измерения можно пренебречь. Однако при высоком гамма-фоне его вклад в результат измерения может оказаться существенным, и для корректных измерений плотности потока бета-излучения его необходимо вычитать.

По этой причине в приборах МКС-10Д, ДКС-96Гб одновременно и независимо измеряют мощность дозы гамма-излучения и плотность потока бета-частиц. В этой аппаратуре применяются два плоских счетчика Гейгера-Мюллера: один с открытым окном, регистрирующий гамма- и бета-излучение, и второй с закрытым окном, измеряющий только гамма-излучение. С помощью процессора в приборе производится вычитание этих значений и определяется плотность потока бета-излучения. Использование такого алгоритма позволило корректно измерять с помощью данных приборов плотность потока бета-час-

тиц при уровнях мощности дозы гамма-излучения до 50 мкЗв/ч.

Прибор РЗС-10М с блоком детектирования из комбинированного пленочного скинтиллятора одновременно регистрирует альфа- и бета-излучение, а с помощью блока детектирования гамма-излучения «измеряет» нормируемую величину – эффективную

дозу и ее мощность от энергии 9 кэВ. Подход специалистов «Отраслевого метрологического центра» НИЦ «СНИИП» к определению эффективной дозы путем расчета в самом приборе обоснован [8,9], но для того, чтобы такие приборы могли быть использованы при радиационном контроле, необходимо внести изменения в междуна-

родные [4,7 и др.] и отечественные [10,11,12 и др.] нормативные документы

МКС-АТ6101 относится к идентификаторам. Приборы для нужд Минобороны МКС-02СМ4, МКС-03С, МКС-02СМ, ИМД-2НМ до сих пор продолжают измерять поглощенную дозу и НРБ для них не писан.

Литература

1. Нурлыбаев К. Государственный реестр средств измерений РФ: приборы радиационного контроля. Часть 1, АНРИ, 2007, №3, с.26.
2. Кутьков В.А. Современная система дозиметрических величин. АНРИ, 2000, №1, с.4.
3. Кутьков В.А., Панфилов А.П., Кочетков О.А., Попов В.И., Поленов Б.В., Ярына В.П. Контроль соблюдения требований Норм и Правил. АНРИ, 2001, №3, с.4.
4. ICRU Report 57, Conversion Coefficients for use in Radiological Protection Against External Radiation, Annex 2.
5. Масляев П.Ф., Нурлыбаев К. Определение «эффективной радиационной толщины» дозиметров фотонного ионизирующего излучения. Атомная энергия, 1990, т.68, вып.5.
6. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.1192-03, Минздрав России, 2003.
7. Серия норм МАГАТЭ по безопасности. Руководство по безопасности № RS-G-1.3 «Оценка профессионального облучения от внешних источников ионизирующего излучения», Международное агентство по атомной энергии. Вена, 1999.
8. Костылева Ю.Г., Мысев И.П. Нормируемые и измеряемые величины фотонного излучения по НРБ-99 и рекомендациям международных организаций. Метрология (Приложение к журналу «Измерительная техника»), 2003, №1, с.21.
9. Мысев И.П. О возможности измерения эффективной дозы фотонного излучения. 2002, МИФИ, Материалы семинара.
10. Методические указания МУ 2.6.1.16-2000. Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования. Министерство РФ по атомной энергии, Министерство здравоохранения РФ Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем, 2001.
11. Методические указания МУ 2.6.1.25-2000. Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования. Министерство РФ по атомной энергии, Министерство здравоохранения РФ, Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем, 2001.
12. Методические указания МУ 2.6.1.2118-06. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских учреждений. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2006.

Поправка

В статье К.Нурлыбаева "Государственный реестр средств измерений РФ: приборы радиационного контроля". Часть 1." (АНРИ, 2007, №3, с.26–31) в перечне литературы на стр.31 допущена неточность.

Ссылку [2] следует читать:

2. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.1192-03, Минздрав России, 2003.