

СОГЛАСОВАНО

Директор ООО «Радметрон»



В.Г. Храмцов

«20» 02 2023

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора –
руководитель Центра эталонов,
поверки и калибровки БелГИМ

А.С. Вольнец

«23» 02 2023

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь

ДОЗИМЕТРЫ-РАДИОМЕТРЫ ПОИСКОВЫЕ МКС-РМ1401К

Методика поверки

МРБ МП.3536-2023

Разработчик:

Инженер по метрологии

ООО «Радметрон»

М.А. Левин

«20» 02 2023

Минск, 2023



Минский филиал
М.А. Левин

Содержание

1 Нормативные ссылки.....	3
2 Операции поверки.....	3
3 Средства поверки	4
4 Требования к квалификации поверителей.....	5
5 Требования безопасности.....	5
6 Условия поверки	5
7 Подготовка к поверке	5
8 Проведение поверки	5
9 Оформление результатов поверки.....	14
Приложение А (обязательное) Обязательные метрологические требования	15
Приложение Б (рекомендуемое) Форма протокола поверки.....	16
Библиография	19

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на дозиметры-радиометры поисковые МКС-PM1401К-3, МКС-PM1401К-3М (далее – дозиметры) и устанавливает методы и средства первичной и последующих поверок.

Настоящая МП разработана в соответствии с требованиями [1], СТБ 8065, ГОСТ 8.040, ГОСТ 8.041, ГОСТ 23923, ГОСТ 17209.

Обязательные метрологические требования, предъявляемые к дозиметрам, приведены в приложении А.

1 Нормативные ссылки

1.1 В настоящей МП использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты (далее – ТНПА) в области технического нормирования и стандартизации:

СТБ 8065-2016 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Дозиметры и измерители мощности дозы фотонного излучения. Методика поверки;

ГОСТ 8.040-84 Радиометры загрязненности поверхностей бета- активными веществами. Методика поверки;

ГОСТ 8.041-84 Радиометры загрязненности поверхностей альфа- активными веществами;

ГОСТ 17209-89 Средства измерений объемной активности радионуклидов в жидкости. Общие технические требования и методы испытаний;

ГОСТ 23923-89 Средства измерений удельной активности радионуклида. Общие технические требования и методы испытаний.

Примечание – При пользовании настоящей МП целесообразно проверить действие ссылочных документов на официальном сайте Национального фонда ТНПА в глобальной компьютерной сети Интернет.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящей МП следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки должны быть проведены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	последующей поверке
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2 Опробование	8.2	Да	Да
3 Определение метрологических характеристик	8.3	Да	Да
3.1 Определение допускаемой основной относительной погрешности дозиметров при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы $\dot{H}^*(10)$ (далее – МЭД) фотонного излучения	8.3.1	Да	Да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
3.2 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока альфа-излучения по ^{239}Pu	8.3.2	Да	Да
3.3 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока бета-излучения по ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$)	8.3.3	Да	Да
3.4 Определение энергетического разрешения при регистрации сцинтилляционных спектров по линии 0,662 МэВ (^{137}Cs);	8.3.4	Да	Да
3.5 Определение основной относительной погрешности при измерении удельной активности (далее – УА) или объемной активности (далее – ОА) радионуклидов ^{137}Cs	8.3.5.1	Да	Да*
	8.3.5.2	Нет	Да*

* При последующей поверке допускается выполнять операции по 8.3.5.1 или по 8.3.5.2

3 Средства поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки с характеристиками, указанными в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) эталонов и вспомогательных средств поверки, их метрологические и основные технические характеристики, обозначение ТНПА
1	2
8.3.1	Эталонная поверочная дозиметрическая установка по [3] с набором источников ^{137}Cs , диапазон измерения МЭД от 0,1 мкЗв/ч до 10 Зв/ч, доверительные границы относительной погрешности $\pm 5,0\%$
8.3.2	Эталонные источники α -излучения с радионуклидом ^{239}Pu одного из типов 4П9, 5П9, 6П9 с рабочей поверхностью площадью 40; 100 и 160 см ² соответственно, плотность потока от 10 до $5 \cdot 10^5$ мин ⁻¹ ·см ⁻² , погрешность аттестации эталонных источников не более 6 %
8.3.3	Эталонные источники β -излучения с радионуклидом $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ одного из типов 4СО, 5СО, 6СО с рабочей поверхностью площадью 40; 100 и 160 см ² соответственно, плотность потока от 10 до 10^6 мин ⁻¹ ·см ⁻² , погрешность аттестации эталонных источников не более 6 %
8.3.4	Эталонные спектрометрические гамма-источники ОСГИ 3-2 (^{137}Cs , ^{57}Co), погрешность аттестации эталонных источников не более 4 %
8.3.5.1	Объемная активность (ОА) $(5,0 \pm 1,0) \cdot 10^2$; $(5,0 \pm 1,0) \cdot 10^3$; $(7,5 \pm 1,0) \cdot 10^4$ Бк/л в геометрии сосуд Маринелли 0,5 л
8.3.5.2	Эталонные спектрометрические гамма-источники ОСГИ 3-2 (^{137}Cs), погрешность аттестации эталонных источников не более 4 %
6.1	Термогигрометр, диапазон измерения относительной влажности от 0 % до 98 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении относительной влажности $\pm 3\%$, диапазон измерения температуры от 0 °С до 50 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры $\pm 0,5$ °С
	Барометр, цена деления 1 кПа, диапазон измерения атмосферного давления от 60 до 120 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ кПа

Продолжение таблицы 2

1	2
6.1	Дозиметр гамма-излучения ДКГ-PM1211, диапазон измерения МЭД внешнего гамма-фона от 0,1 мкЗв/ч до 100 мЗв/ч. Пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 20\%$
8.3.1, 8.3.2	Секундомер, цена деления 0,1 с
Примечания	
1 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.	
2 Все средства измерений должны иметь действующие знаки поверки и (или) свидетельства о поверке.	

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению измерений при поверке и (или) обработке результатов измерений допускаются государственные поверители, подтвердившие соответствие компетентности в выполнении работ в данной области измерений.

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с [4], [5], [6].

5.2 Процесс поверки должен быть отнесен к работе с вредными условиями труда.

6 Условия поверки

6.1 Поверку дозиметров необходимо проводить в нормальных условиях:

- температура окружающей среды от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 86,0 до 106,7 кПа;
- внешнее фоновое гамма-излучение, не более 0,2 мкЗв/ч.

7 Подготовка к поверке

7.1 Поверка дозиметров осуществляется при питании их от новых элементов питания с гарантированным сроком годности.

7.2 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- изучить [6];
- подготовить дозиметры к работе согласно разделу 2.1 [6];
- подготовить средства измерений и вспомогательное оборудование к поверке в соответствии с их технической документацией.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие дозиметров следующим требованиям:

- соответствие комплектности требованиям [6], [7];
- наличия в [7] отметки о первичной поверке или свидетельства о последней поверке;
- наличие четких маркировочных надписей на дозиметрах;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений, влияющих на работу дозиметров.

8.2 Опробование

8.2.1 При проведении опробования необходимо провести:

- проверку работоспособности дозиметров;
- идентификацию программного обеспечения (далее – ПО).

8.2.2 Проверку работоспособности дозиметров проводят в соответствии с разделом 2.1.4 [6]. После успешного окончания тестирования и калибровки дозиметр модификации МКС-PM1401К-3 переходит в режим *поиска т*, а дозиметр модификации МКС-PM1401К-3М – в режим *поиска γ*.

8.2.3 При идентификации встроенного ПО устанавливают соответствие версии встроенного ПО, индицируемого при выборе строки «Прибор» в меню «Настройки», номеру версии, указанному в разделе «Свидетельство о приемке» [7].

Идентификацию пользовательского ПО осуществляют сравнением номера версии и значений контрольной суммы, полученных при поверке в режиме связи с персональным компьютером (далее – ПК), с указанными в разделе «Свидетельство о приемке» [7] и таблице 3 настоящей МП. Расчет контрольной суммы проводится стандартными средствами, например, Total Commander, Double Commander.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Пользовательское ПО PM1401K3 Built-in Software	
Идентификационное наименование ПО	ТИГР.00054.00.00
Имя файла	PM1401K3SW.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже v 1.0.1.11*
* При условии отсутствия влияния на метрологические характеристики. Текущий номер версии пользовательского ПО и контрольная сумма указаны в разделе «Свидетельство о приемке» в [7].	

8.2.4 Результаты опробования считают положительными, если дозиметры после тестирования и калибровки переходят в режим поиска, отсутствуют сообщения об ошибках и идентификационные данные ПО соответствуют указанным в разделе «Свидетельство о приемке» [7] и таблице 3.

8.3 Определения метрологических характеристик

8.3.1 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении МЭД фотонного излучения

При определении относительной погрешности дозиметров при измерении МЭД фотонного излучения выполняют следующие операции:

- 1) включают дозиметры;
- 2) после окончания тестирования включают режим измерения МЭД;
- 3) размещают дозиметры на поверочной дозиметрической установке с источником гамма-излучения ^{137}Cs так, чтобы нормаль, проведенная через геометрический центр детектора Гейгера-Мюллера, совпала с осью потока излучения. Направление градуировки и положение геометрического центра детектора указаны в [6];

4) определяют среднее значение показаний дозиметров на внешнем радиационном гамма-фоне (далее – гамма-фон) в отсутствие источника излучений, для чего через 600 с после размещения дозиметров на установке или при установлении значения статистической погрешности менее 10 % снимают показания дозиметров. Измерение выполняют пять раз и рассчитывают среднее значение МЭД фона, мЗв/ч, по формуле

$$\bar{\dot{H}}_{\phi} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \dot{H}_{\phi i}, \quad (1)$$

где $\dot{H}_{\phi i}$ – i -ое показание дозиметров при измерении МЭД гамма-фона, мЗв/ч;

$\overline{\dot{H}_{\phi}}$ – среднее значение МЭД гамма-фона, мЗв/ч;

5) устанавливают дозиметры в контрольную точку, совпадающую с геометрическим центром детектора, в которой эталонное значение МЭД \dot{H}_{0f} равно 0,003 мЗв/ч, и подвергают дозиметры облучению;

6) через 100 с после начала облучения или при установлении значения статистической погрешности менее 10 % снимают показание дозиметров. Измерение выполняют пять раз и вычисляют среднее значение МЭД, $\overline{\dot{H}_j}$, по формуле

$$\overline{\dot{H}_j} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \dot{H}_{ji}, \quad (2)$$

где \dot{H}_{ji} – i -ое значение показаний дозиметров в j -ой контрольной точке, мкЗв/ч;

$\overline{\dot{H}_j}$ – среднее значение МЭД, мкЗв/ч;

7) измерения повторяют для точек, в которых эталонное значение МЭД \dot{H}_{0j} равно 0,08; 0,80 мЗв/ч;

8) устанавливают дозиметры в контрольную точку, совпадающую с геометрическим центром детектора, в которой эталонное значение МЭД \dot{H}_{0j} равно 8,0 мЗв/ч;

9) подвергают дозиметры облучению;

10) через 60 с после начала облучения или при установлении значения статистической погрешности менее 10 % снимают показание дозиметров. Измерение выполняют пять раз и вычисляют среднее значение МЭД по формуле (2);

11) измерения повторяют для контрольной точки, в которой эталонное значение МЭД \dot{H}_{0j} равно 80,0 мЗв/ч;

12) для каждой контрольной точки вычисляют относительную погрешность дозиметров при измерении МЭД Q_j , %, по формуле

$$Q_j = \frac{(\overline{\dot{H}_j} - \overline{\dot{H}_{\phi}}) - \dot{H}_{0j}}{\dot{H}_{0j}} \cdot 100, \quad (3)$$

где \dot{H}_{0j} – эталонное значение МЭД в j -ой контрольной точке;

13) рассчитывают доверительные границы допускаемой основной относительной погрешности при измерении МЭД поверяемых дозиметров δ_{γ} , %, с доверительной вероятностью 0,95 по формуле

$$\delta_{\gamma} = 1,1 \sqrt{(Q_0)^2 + (Q_j)^2}, \quad (4)$$

где Q_0 – погрешность эталонной дозиметрической установки, %;

Q_j – относительная погрешность дозиметров при измерении МЭД Q_j , %;

14) сравнивают доверительные границы погрешности δ_{γ} , %, рассчитанные по формуле (4), с пределами допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{\gamma \text{ доп.}}$, %, рассчитанными по формуле

$$\delta_{\gamma \text{ доп.}} = \pm(15 + K_{\gamma} / \dot{H}), \quad (5)$$

где \dot{N} – измеренное значение МЭД, мЗв/ч;
 K_γ – коэффициент, равный 0,0015 мЗв/ч.

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности при измерении МЭД для всех контрольных точек, δ_γ , %, рассчитанные по формуле (4), находятся в пределах допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{\gamma\text{доп}}$, рассчитанных по формуле (5).

8.3.2 Определение основной относительной погрешности при измерении плотности потока альфа-излучения по ^{239}Pu

При определении основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока альфа-излучения по ^{239}Pu выполняют следующие операции:

- 1) включают дозиметры и после окончания тестирования устанавливают режим измерения α ;
- 2) следуя указаниям, индицируемым на ЖКИ дозиметров, снимают γ - β -фильтр с входного окна блока детектирования и нажимают кнопку ДАЛЕЕ. Для удобства выполнения измерений используют дистанционное кольцо № 1, а также α -фильтр № 1 или α -фильтр № 2, входящие в комплект поставки дозиметров. Порядок использования дистанционных колец и α -фильтров изложен в [6]. Детектор прикладывают к эталонным источникам ^{239}Pu II-разряда типа 5П9 (4П9, 6П9) так, чтобы поверхность детектора была расположена параллельно поверхности источника, а геометрический центр поверхности источника находился на продолжении перпендикуляра, проходящего через геометрический центр чувствительной поверхности детектора. Расстояние между источником и чувствительной поверхностью детектора должно быть $(5,0 \pm 1,0)$ мм. Для обеспечения расстояния между источником и поверхностью детектора равным 5 мм на детектор устанавливают дистанционное кольцо № 1. Нажимают кнопку ДАЛЕЕ. На ЖКИ индицируется значение скорости счета, обусловленное совместными гамма-, альфа-, бета- излучениями при измерении плотности потока альфа-излучения. При установлении значения статистической погрешности менее 10 % нажимают кнопку ПАМЯТЬ. Записывают измеренное значение в память дозиметров, нажимая кнопку ДА;
- 3) следуя указаниям, индицируемым на ЖКИ дозиметров, устанавливают на блок детектирования α -фильтр и нажимают кнопку ДАЛЕЕ. Детектор прикладывают к тому же эталонному источнику альфа-излучения так, как указано в перечислении 2). Нажимают кнопку ДАЛЕЕ. На ЖКИ индицируется значение плотности потока альфа-излучения. При установлении значения статистической погрешности менее 10 % или через время, не менее указанного в таблице 5, считывают измеренное значение плотности потока альфа-излучения. Для записи значения плотности потока альфа-излучения в память дозиметров нажимают кнопку ПАМЯТЬ, а затем – кнопку ДА;
- 4) определяют основную относительную погрешность дозиметров при измерении плотности потока альфа-излучения в контрольных точках согласно таблице 4;
- 5) в каждой контрольной точке проводят пять измерений плотности потока согласно перечислениям 2), 3), причем каждое последующее измерение проводят, повернув эталонный источник по окружности вокруг геометрического центра поверхности источника примерно на 72° относительно предыдущего положения источника.

Таблица 4

Контрольная точка (плотность потока эталонного источника) ϕ_{0j} , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Количество измерений n	Источник излучения	Время измерений, с
15-40	5	5П9 (4П9, 6П9)	1000
100-400	5	-	-
1000-4000	5	-	100
10000-40000	5	-	-
70000-90000	5	-	-

Рассчитывают среднее значение плотности потока альфа-излучения для каждой контрольной точки по формуле

$$\bar{\varphi}_j = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \varphi_{ji}, \quad (6)$$

где $\bar{\varphi}_j$ – среднее измеренное значение плотности потока α -излучения в j -ой контрольной точке, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

φ_{ji} – i -ое измеренное значение плотности потока α -излучения в j -ой контрольной точке, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

Рассчитывают значение доверительной границы основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока альфа-излучения δ_α , %, для каждой контрольной точки по формуле

$$\delta_\alpha = \frac{(\bar{\varphi}_j - \varphi_{oj})}{\varphi_{oj}} \cdot 100, \quad (7)$$

где φ_{oj} – эталонное значение плотности потока альфа-излучения с активной поверхности источника на момент измерений, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

$\bar{\varphi}_j$ – измеренное среднее значение плотности потока альфа-излучения в j -ой контрольной точке, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

Сравнивают δ_α с допустимым значением $\delta_{\alpha\text{доп}}$, %, рассчитанным по формуле

$$\delta_{\alpha\text{доп}} = \pm (20 + A_\alpha/\varphi_\alpha), \quad (8)$$

где φ_α – измеренная плотность потока альфа-излучения в $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

A_α – коэффициент, равный $450 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности, δ_α , %, для всех контрольных точек, рассчитанные по формуле (7), находятся в пределах допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{\alpha\text{доп}}$, рассчитанной по формуле (8).

8.3.3 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока бета-излучения по ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$)

При определении основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока бета-излучения по ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$) выполняют следующие операции:

1) включают дозиметры и после окончания тестирования устанавливают режим измерение β ;

2) следуя указаниям, индицируемым на ЖКИ дозиметров, снимают γ - β -фильтр с входного окна блока детектирования, устанавливают на блок детектирования α -фильтр и нажимают кнопку ДАЛЕЕ. Для удобства выполнения измерений используют дистанционное кольцо № 2, а также α -фильтр № 1 или α -фильтр № 2, входящие в комплект поставки дозиметров. Порядок использования дистанционных колец и α -фильтров изложен в [6]. Детектор прикладывают к эталонным источникам бета-излучения II-го разряда типа 5CO (4CO, 6CO) так, чтобы поверхность детектора была расположена параллельно поверхности источника, а геометрический центр поверхности источника находился на продолжении перпендикуляра, проходящего через геометрический центр чувствительной поверхности детектора. Расстояние между источником и чувствительной поверхностью детектора должно быть $(10,0 \pm 1,0)$ мм. Для обеспечения расстояния между источником и поверхностью детектора равным 10 мм на детектор устанавливают дистанционное кольцо № 2. Нажимают кнопку ДАЛЕЕ. На ЖКИ индицируется значение скорости счета, обусловленное совместным гамма-, бета- излучениями при измерении плотности потока бета-излучения. При установлении значения статистической погрешности менее 10 % нажать кнопку ПАМЯТЬ. Записывают измеренное значение в память дозиметров, нажимая кнопку ДА

3) следуя указаниям, индицируемым на ЖКИ, устанавливают на блок детектирования γ - β -фильтр и нажимают кнопку ДАЛЕЕ. Детектор прикладывают к тому же эталонному источнику бета-излучения так, как указано в перечислении 2) и нажать кнопку ДАЛЕЕ. На ЖКИ индицируется значение плотности потока бета-излучения и значение статистической погрешности. При установлении значения статистической погрешности менее 10 % или через время не менее, указанного в таблице 5, считывают измеренное значение плотности потока бета-излучения. Для записи значения плотности потока бета-излучения в память дозиметров нажимают кнопку ПАМЯТЬ, а затем – кнопку ДА;

4) определяют основную относительную погрешность дозиметров при измерении плотности потока бета-излучения в контрольных точках согласно таблице 5;

5) в каждой контрольной точке проводят пять измерений плотности потока, согласно перечислениям 2), 3), причем каждое последующее измерение проводят на том же эталонном источнике в четырех взаимно перпендикулярных направлениях при смещении центра детектора на 15 мм относительно центра источника;

Таблица 5

Контрольная точка (плотность потока эталонного источника) $\varphi_{0j}, \text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	Количество измерений n	Источник излучения	Время измерений, с
10-40	5	5CO (4CO, 6CO)	1000
100-400	5	-	-
1000-4000	5	-	100
10000-40000	5	-	-
70000-90000	5	-	10

6) определяют среднее значение плотности потока бета-излучения в каждой контрольной точке $\bar{\varphi}_j$ по формуле (6), $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$, подставляя вместо φ_{ij} – i-ое измеренное значение плотности потока бета-излучения в j-ой контрольной точке, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

Рассчитывают значение доверительной границы основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока бета-излучения δ_{β} , %, для каждой контрольной точки по формуле (7), подставляя вместо φ_{0j} – плотность потока бета-излучения с активной поверхности эталонного j-го источника в $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ с учетом радиоактивного распада источника.

Сравнивают δ_{β} с допустимым значением $\delta_{\beta \text{ доп.}}$, %, рассчитанным по формуле

$$\delta_{\beta \text{ доп.}} = \pm (20 + A_{\beta} / \varphi_{\beta}), \quad (9)$$

где φ_{β} – измеренная плотность потока β -излучения, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$;

A_{β} – коэффициент, равный $60 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности δ_{β} , %, для всех контрольных точек, рассчитанные по формуле (7), находятся в пределах допускаемой основной относительной погрешности $\delta_{\beta \text{ доп.}}$, рассчитанным по формуле (9).

8.3.4 Определение энергетического разрешения при регистрации сцинтилляционных спектров по линии 0,662 МэВ (^{137}Cs)

Определение энергетического разрешения при регистрации сцинтилляционных спектров по линии 0,662 МэВ (^{137}Cs) проводят в следующей последовательности:

- 1) включают дозиметры и устанавливают режим накопления спектра;
- 2) располагают источники гамма-излучения ^{137}Cs и ^{57}Co активностью от 10^4 до 10^5 Бк из набора эталонных спектрометрических гамма-источников типа ОСГИ-3 на таком расстоянии от поверхности сцинтилляционного детектора напротив геометрического центра, чтобы скорость счета при этом не превышала 1000 имп/с;

3) нажимают кнопку СТАРТ и производят набор спектра до тех пор, пока на ЖКИ станет хорошо различим набираемый спектр или в течение не менее 100 с. На ЖКИ должен индицироваться набираемый спектр в масштабе 1/1, если ранее не был установлен иной масштаб;

4) прекращают набор спектра, нажимают кнопку СТОП и записывают набранный спектр в память дозиметров под выбранным номером;

5) пересылают накопленный спектр на ПК. Порядок передачи спектров из дозиметров на ПК и работы со спектрами, сохраненными в ПК, описан в текстовом файле пользовательского ПО;

6) относительное энергетическое разрешение $\eta_{отн}$, %, определяют по формуле

$$\eta_{отн} = \frac{\eta_{абс}}{E} \cdot 100, \quad (10)$$

где E – значения энергии пика полного поглощения моноэнергетической линии ^{137}Cs , кэВ;

$\eta_{абс}$ – значение абсолютного энергетического разрешения в кэВ, определяется по формуле

$$\eta_{абс} = \Delta_n \cdot K_э, \quad (11)$$

где Δ_n – ширина пика полного поглощения моноэнергетической линии ^{137}Cs на его полувысоте в каналах;

$K_э$ – значение энергетической ширины канала, кэВ/канал, определяется по формуле

$$K_э = \frac{E_2 - E_1}{n_{c2} - n_{c1}}, \quad (12)$$

где E_2, E_1 – значения энергий, соответствующих пикам полного поглощения ^{137}Cs и ^{57}Co соответственно;

n_{c2}, n_{c1} – номера каналов, соответствующие положениям центроид пиков с энергиями E_1 и E_2 .

Результаты поверки считать положительными, если относительное значение энергетического разрешения при регистрации сцинтилляционных спектров по линии 0,662 МэВ (^{137}Cs) соответствует значению, приведенному в таблице А.1 приложения А.

8.3.5 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении УА (ОА) радионуклида ^{137}Cs

8.3.5.1 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении УА (ОА) радионуклида ^{137}Cs проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 23923, ГОСТ 17209 с использованием гамма-источников эталонных радиоактивных растворов (ЭРР) в следующей последовательности:

- 1) включают дозиметры и устанавливают их на штатив;
- 2) устанавливают объем, равным 500 мл, и массу пробы, равной 500 г. Устанавливают минимальный порог измеряемых ОА(УА) для ^{137}Cs и включают режим «Измерение фона». Проводят измерение гамма-фона без измерительного сосуда;
- 3) при достижении статистической погрешности менее 5 % сохраняют измеренное значение гамма-фона и устанавливают сосуд Маринелли с ЭРР радионуклида ^{137}Cs с ОА (УА) 500 Бк/л (Бк/кг);
- 4) проводят измерение ОА (УА). После окончания измерения считывают значение измеренной ОА (УА). Измерения выполняют три раза;
- 5) измерения повторяют для источников ЭРР с ОА (УА) $5 \cdot 10^3, 7,5 \cdot 10^4$ Бк/л (Бк/кг);
- 6) определяют для всех активностей относительную разность показаний δ_{Aj} , %, по формуле

$$\delta_{Aj} = \frac{A - A_0}{A_0} \cdot 100, \quad (13)$$

где A_0 – значение активности источника ЭРР на дату измерения;

A – среднее измеренное значение ОА(УА), Бк/л (Бк/кг).

Результаты поверки считают положительными, если:

- ни одно из полученных по формуле (13) значений δ_{Aj} , %, не превышает значения $\delta_{\text{допуск}}$

$$\delta_{\text{допуск}} = (|(30 + K/A)| + |\delta_{oj}|), \quad (14)$$

где δ_{oj} – погрешность аттестации эталонного источника, используемого для проверки в соответствующей j-ой точке диапазона, %;

K – коэффициент, равный 2000 Бк/л (Бк/кг);

A – измеренное значение ОА (УА), Бк/л (Бк/кг);

- абсолютное значение разности δ между двумя любыми значениями δ_{Aj} во всех точках диапазона не превышает значения

$$\delta \leq (2|(30 + K/A)| + |\delta_o|) \%, \quad (15)$$

где δ_o – максимальное из значений δ_{oj} .

8.5.3.2 Определение основной относительной погрешности при измерении УА (ОА) радионуклидов ^{137}Cs с использованием гамма-источников ОСГИ-3 ^{137}Cs активностью от 10^2 до 10^5 Бк, имитирующих ОА, в соответствии с таблицей 6

Таблица 6

Геометрия измерения	Коэффициент перехода Кп, кг(л)	Активность эталонного источника ОСГИ-3, Бк	Имитируемая УА(ОА), Бк/кг (Бк/л)
Точечный источник	10,7	$(0,7 \pm 0,3) \cdot 10^4$	654 ± 280
	10,7	$(0,7 \pm 0,3) \cdot 10^5$	6540 ± 2800
	10,7	$(0,7 \pm 0,3) \cdot 10^6$	65400 ± 28000

Определение основной относительной погрешности при измерении УА (ОА) радионуклидов ^{137}Cs с использованием гамма-источников ОСГИ-3 ^{137}Cs активностью от 10^2 до 10^5 Бк, имитирующих ОА в следующей последовательности:

1) располагают и фиксируют дозиметры до 8 шт. по окружности так, чтобы расстояния от центра источника до торцевой поверхности детекторов было равно 150 мм. Дозиметры должны быть расположены параллельно поверхности, на которой они устанавливаются. Затем в центре вышеуказанной окружности на уровне центра кристаллов дозиметров поочередно устанавливают источники ОСГИ-3 активностью в соответствии с таблицей 6. Внешний гамма-фон в месте проведения испытаний должен оставаться стабильным на все время проведения испытаний;

3) через 90 с после включения в режиме настроек измерения активности устанавливают массу пробы, равной 500 г, объем пробы – 500 мл, порог обнаружения – 200 Бк/кг. Далее проводят регистрацию гамма-фона в течение не менее 15 мин;

4) по окончании регистрации гамма-фона устанавливают ОСГИ-3 активностью $(0,7 \pm 0,3) \cdot 10^4$ Бк и проводят измерение ОА (УА). После окончания измерения считывают значение измеренной ОА (УА). Измерения выполняют три раза;

5) измерения повторяют для всех источников ОСГИ-3;

6) определяют для всех активностей относительную разность показаний δ_{Aj} , % по формуле

$$\delta_{Aj} = \frac{A \cdot K_p - A_0}{A_0} \cdot 100, \quad (16)$$

где K_p – коэффициент перехода;

A_0 – значение активности эталонного гамма-источника ОСГИ-3 на дату измерения, Бк;

A – среднее измеренное значение ОА(УА).

Результаты поверки считают положительными если:

- ни одно из полученных по формуле (16) значений δ_{Aj} , %, не превышает значений, $\delta_{\text{допуск}}$.

$$\delta_{\text{допуск}} = (|(30 + K/A)| + |\delta_{oj}|), \quad (17)$$

где δ_{oj} – погрешность аттестации эталонного источника, используемого для проверки в соответствующей j-ой точке диапазона, %;

K – коэффициент, равный 2000 Бк/л (Бк/кг);

A – измеренное значение ОА (УА), Бк/л (Бк/кг);

- абсолютное значение разности δ между двумя любыми значениями δ_{Aj} во всех точках диапазона не превышает значения

$$\delta \leq (2|(30 + K/A)| + |\delta_o|) \%, \quad (18)$$

где δ_o – максимальное из значений δ_{oj} , %.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносят в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении Б.

9.2 При положительных результатах первичной поверки дозиметров в паспорте [7] (раздел «Свидетельство о приёмке») ставят подпись государственного поверителя, наносят оттиск поверительного клейма с указанием даты проведения первичной поверки и клеймо-наклейку.

9.3 При положительных результатах последующей поверки дозиметров выдают свидетельство о поверке установленной формы в соответствии с [2] и в паспорте [7] (раздел «Особые отметки») ставят подпись государственного поверителя, наносят оттиск поверительного клейма с указанием даты проведения поверки. Клеймо-наклейку наносят на свидетельство о поверке.

9.4 При отрицательных результатах первичной поверки дозиметров выдают заключение о непригодности по форме, установленной [2].

9.5 При отрицательных результатах последующей поверки дозиметров выдают заключение о непригодности по форме, установленной [2], ранее нанесенный знак поверки подлежит уничтожению путем приведения его в состояние, непригодное для дальнейшего применения, предыдущее свидетельство прекращает своё действие.

Приложение А
(обязательное)

Обязательные метрологические требования

Таблица А.1

Наименование	Значение, для модификации	
	МКС-PM1401К-3	МКС-PM1401К-3М
Диапазон измерений МЭД фотонного излучения, мкЗв/ч	от 0,1 до 10^5	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности дозиметров при измерении МЭД фотонного излучения, %	$\pm(15 + K_\gamma / \dot{H})$, где \dot{H} – измеренное значение МЭД, мЗв/ч; K_γ – коэффициент, равный 0,0015 мЗв/ч	
Диапазон измерений плотности потока альфа-излучения, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	от 15,0 до 10^5	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока альфа-излучения по ^{239}Pu , %	$\pm(20 + A_\alpha/\varphi_\alpha)$ где φ_α – измеренная плотность потока альфа-излучения, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$; A_α – коэффициент, равный $450 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	
Диапазон измерений плотности потока бета-излучения, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	от 6,0 до 10^5	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока бета-излучения по ($^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$), %	$\pm(20 + A_\beta/\varphi_\beta)$ где φ_β – измеренная плотность потока бета-излучения, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$; A_β – коэффициент, равный $60 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	
Энергетическое разрешение при регистрации сцинтилляционных спектров по линии 0,662 МэВ (^{137}Cs), %, не более	9,0	
Диапазон измерений УА(ОА) радионуклида ^{137}Cs в геометрии сосуда Маринелли, Бк/кг (Бк/л)	от 10^2 до 10^5	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности дозиметров при измерении УА(ОА) радионуклидов ^{137}Cs , %	$\pm(30 + K / A)$, где K – коэффициент, равный 2000 Бк/кг (Бк/л); A – измеренное значение УА(ОА), Бк/кг (Бк/л)	

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки

_____ наименование организации, проводящей поверку

ПРОТОКОЛ № _____ - _____

поверки Дозиметра-радиометра поискового МКС-PM1401К
наименование средства измерений

тип МКС-PM1401К-3 № _____

принадлежащей _____
наименование организации

Изготовитель ООО «Радмерон»
наименование изготовителя

Дата проведения поверки _____
с ... по ...

Поверка проводится по _____
обозначение документа, по которому проводят поверку

Средства поверки

Таблица Б.1

Наименование и тип СИ	Заводской номер

Условия поверки

- температура окружающего воздуха _____ °С;
- относительная влажность воздуха _____ %;
- атмосферное давление _____ кПа;
- внешний фон гамма-излучения _____ мкЗв/ч.

Результаты поверки

Б.1 Внешний осмотр _____
соответствует/не соответствует

Б.2 Опробование _____
соответствует/не соответствует

Б.3 Определение метрологических характеристик

Б.3.1 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении МЭД фотонного излучения

Таблица Б.2

Эталонное значение МЭД, H , мЗв/ч	Источник ^{137}Cs №	Измеренное значение МЭД в контрольной точке, мкЗв/ч		Погрешность, %		$\pm\delta_{\gamma\text{доп.}}$ %
		H_{ji}	\overline{H}_j	Q_j	δ_γ	
фон				-	-	-
0,003						
0,080						
0,800						
8,000						
80,000						

Б.3.2 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока альфа-излучения по ^{239}Pu

Таблица Б.3

Плотность потока эталонного источника φ_{0j} , мин $^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$	Источник №____, тип	Измеренное значение плотности потока в контрольной точке, мин $^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$		δ_α , %	$\pm\delta_{\alpha\text{доп.}}$ %
		φ_{ji}	$\overline{\varphi}_j$		
15-40					
100-400					
1000-4000					
10000-40000					
70000-90000					

Б.3.3 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении плотности потока бета-излучения по ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$)

Таблица Б.4

Плотность потока эталонного источника φ_{0j} , мин $^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$	Источник №____, тип	Измеренное значение плотности потока в контрольной точке, мин $^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$		δ_β , %	$\pm\delta_{\beta\text{доп.}}$ %
		φ_{ji}	$\overline{\varphi}_j$		
10-40					
100-400					
1000-4000					
10000-40000					
70000-90000					

Б.3.4 Определение энергетического разрешения при регистрации сцинтилляционных спектров по линии 0,662 МэВ (^{137}Cs)

Таблица Б.5

Наименование параметра	Значение параметра
1	2
Значение энергии ^{57}Co в ППП E_1 , кэВ	122,06
Значение энергии ^{137}Cs в ППП E_2 , кэВ	661,67
Центроида ППП линии излучения ^{57}Co C_1 , канал	
Центроида ППП линии излучения ^{137}Cs C_2 , канал	

Продолжение таблицы Б.5

1	2
Энергетическая ширина канала K , кэВ	
Ширина ППП линии излучения ^{137}Cs на половине высоты Δ_n , канал	
Абсолютное энергетическое разрешение $\eta_{\text{абс}}$, кэВ	
Относительное энергетическое разрешение $\eta_{\text{отн}}$, %	
Допустимое относительное энергетическое разрешение $\eta_{\text{доп}}$, %	9,0

Б.3.5 Определение основной относительной погрешности при измерении ОА ^{137}Cs

Таблица Б.6

Эталонный радиоактивный раствор (ЭРР) ^{137}Cs A_0 , Бк/л	Источник ^{137}Cs № _____, тип	Измеренное значение ОА в контрольной точке, Бк/л		$\delta_{A_{\text{изм}}}$, %	$ \delta_{\text{допуск}} $, %
		A_{j1}	A_j		

Заключение по результатам поверки _____

Свидетельство о государственной поверке № _____
 (заключение о непригодности)

Государственный поверитель _____
подпись расшифровка подписи

Библиография

- [1] Правила осуществления метрологической оценки для утверждения типа средств измерений и стандартных образцов.
Утверждены постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь 20.04.2021 № 38
- [2] Правила осуществления метрологической оценки в виде работ по государственной поверке средств измерений.
Утверждены постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь 24.04.2021 № 40
- [3] ГОСТ Р 8.804-2012 Государственная система обеспечения единства измерений. 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
- [4] СанПиН от 31.12 2013 г. № 137 Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения
- [5] СанПиН от 28.12.2012 г. № 213 Требования к радиационной безопасности
- [6] ТИГР.412114.039 РЭ Дозиметры-радиометры поисковые МКС-PM1401К. Руководство по эксплуатации
- [7] ТИГР.412114.039 ПС Дозиметры-радиометры поисковые МКС-PM1401К. Паспорт