

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



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 $^{239}\text{Pu}$	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 ( $^{137}\text{Cs}$ );	8.3.4	Да	Да
3.5 Определение основной относительной погрешности при измерении удельной активности (далее – УА) или объемной активности (далее – ОА) радионуклидов $^{137}\text{Cs}$	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 $^{137}\text{Cs}$ , диапазон измерения МЭД от 0,1 мкЗв/ч до 10 Зв/ч, доверительные границы относительной погрешности $\pm 5,0\%$
8.3.2	Эталонные источники $\alpha$ -излучения с радионуклидом $^{239}\text{Pu}$ одного из типов 4П9, 5П9, 6П9 с рабочей поверхностью площадью 40; 100 и 160 см <sup>2</sup> соответственно, плотность потока от 10 до $5 \cdot 10^5$ мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup> , погрешность аттестации эталонных источников не более 6 %
8.3.3	Эталонные источники $\beta$ -излучения с радионуклидом $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ одного из типов 4СО, 5СО, 6СО с рабочей поверхностью площадью 40; 100 и 160 см <sup>2</sup> соответственно, плотность потока от 10 до $10^6$ мин <sup>-1</sup> ·см <sup>-2</sup> , погрешность аттестации эталонных источников не более 6 %
8.3.4	Эталонные спектрометрические гамма-источники ОСГИ 3-2 ( $^{137}\text{Cs}$ , $^{57}\text{Co}$ ), 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 ( $^{137}\text{Cs}$ ), 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*  $\mu$ , а дозиметр модификации МКС-PM1401К-3М – в режим *поиска*  $\gamma$ .

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  $^{137}\text{Cs}$  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 отсутствии 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;

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

5) устанавливают дозиметры в контрольную точку, совпадающую с геометрическим центром детектора, в которой эталонное значение МЭД  $\dot{H}_{0j}$  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,  $\bar{\dot{H}}_j$ , по формуле

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

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

$\bar{\dot{H}}_j$  – 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

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

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  $\delta_{\gamma}$ , %, 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  $\delta_{\gamma}$ , %, 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;

$K_\gamma$  – коэффициент, равный 0,0015 мЗв/ч.

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности при измерении МЭД для всех контрольных точек,  $\delta_\gamma$ , %, 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 $^{239}\text{Pu}$

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

1) включают дозиметры и после окончания тестирования устанавливают режим измерения  $\alpha$ ;

2) следуя указаниям, индицируемым на ЖКИ дозиметров, снимают  $\gamma$ - $\beta$ -фильтр с входного окна блока детектирования и нажимают кнопку ДАЛЕЕ. Для удобства выполнения измерений используют дистанционное кольцо № 1, а также  $\alpha$ -фильтр № 1 или  $\alpha$ -фильтр № 2, входящие в комплект поставки дозиметров. Порядок использования дистанционных колец и  $\alpha$ -фильтров изложен в [6]. Детектор прикладывают к эталонным источникам  $^{239}\text{Pu}$  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  $\alpha$ -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  $72^\circ$  относительно предыдущего положения источника.

Таблица 4

Контрольная точка (плотность потока эталонного источника) $\phi_{0j}$ , $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	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  $\alpha$ -излучения в  $j$ -ой контрольной точке,  $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ;

$\varphi_{ji}$  –  $i$ -ое измеренное значение плотности потока  $\alpha$ -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  $\delta_{\alpha}$ , %, для каждой контрольной точки по формуле

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

где  $\varphi_{oj}$  – 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  $\delta_{\alpha}$  с допустимым значением  $\delta_{\alpha \text{ доп.}}$ , %, рассчитанным по формуле

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

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

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

Результаты поверки считают положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности,  $\delta_{\alpha}$ , %, 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  $\beta$ ;

2) следуя указаниям, индицируемым на ЖКИ дозиметров, снимают  $\gamma$ - $\beta$ -фильтр с входного окна блока детектирования, устанавливают на блок детектирования  $\alpha$ -фильтр и нажимают кнопку ДАЛЕЕ. Для удобства выполнения измерений используют дистанционное кольцо № 2, а также  $\alpha$ -фильтр № 1 или  $\alpha$ -фильтр № 2, входящие в комплект поставки дозиметров. Порядок использования дистанционных колец и  $\alpha$ -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  $\gamma$ - $\beta$ -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  $\varphi_{ij}$  – 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  $\delta_\beta$ , %, для каждой контрольной точки по формуле (7), подставляя вместо  $\varphi_{0j}$  – 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  $\delta_\beta$  с допустимым значением  $\delta_{\beta\text{доп}}$ , %, рассчитанным по формуле

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

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

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

Результаты поверки считать положительными, если значения доверительных границ основной относительной погрешности  $\delta_\beta$ , %, 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 ( $^{137}\text{Cs}$ )

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

- 1) включают дозиметры и устанавливают режим накопления спектра;
- 2) располагают источники гамма-излучения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{57}\text{Co}$  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  $^{137}\text{Cs}$ , кэВ;

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

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

где  $\Delta_n$  – ширина пика полного поглощения моноэнергетической линии  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{57}\text{Co}$  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 ( $^{137}\text{Cs}$ ) соответствует значению, приведенному в таблице А.1 приложения А.

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

8.3.5.1 Определение основной относительной погрешности дозиметров при измерении УА (ОА) радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $\delta_{Aj}$ , %, 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  $\delta_{Aj}$ , %, не превышает значения  $\delta_{\text{допуск}}$

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

где  $\delta_{oj}$  – 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  $\delta$  между двумя любыми значениями  $\delta_{Aj}$  во всех точках диапазона не превышает значения

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

где  $\delta_o$  – максимальное из значений  $\delta_{oj}$ .

8.5.3.2 Определение основной относительной погрешности при измерении УА (ОА) радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  с использованием гамма-источников ОСГИ-3  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  с использованием гамма-источников ОСГИ-3  $^{137}\text{Cs}$  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  $\delta_{Aj}$ , % 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  $\delta_{Aj}$ , %, не превышает значений,  $\delta_{\text{допуск}}$ .

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

где  $\delta_{oj}$  – 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  $\delta$  между двумя любыми значениями  $\delta_{Aj}$  во всех точках диапазона не превышает значения

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

где  $\delta_o$  – максимальное из значений  $\delta_{oj}$ , %.

## 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; $K_\gamma$ – 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 $^{239}\text{Pu}$ , %	$\pm(20 + A_\alpha/\varphi_\alpha)$ где $\varphi_\alpha$ – измеренная плотность потока альфа-излучения, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ; $A_\alpha$ – 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 $\varphi_\beta$ – измеренная плотность потока бета-излучения, $\text{мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ; $A_\beta$ – коэффициент, равный $60 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$	
Энергетическое разрешение при регистрации сцинтилляционных спектров по линии 0,662 МэВ ( $^{137}\text{Cs}$ ), %, не более	9,0	
Диапазон измерений УА(ОА) радионуклида $^{137}\text{Cs}$ 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 $^{137}\text{Cs}$ , %	$\pm(30 + K / A)$ , 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, $\dot{H}$ , мЗв/ч	Источник $^{137}\text{Cs}$ №	Измеренное значение МЭД в контрольной точке, мкЗв/ч		Погрешность, %		$\pm\delta_{\gamma\text{доп.}}$ %
		$\dot{H}_j$	$\overline{\dot{H}_j}$	$Q_j$	$\delta_\gamma$	
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  $^{239}\text{Pu}$ 

Таблица Б.3

Плотность потока эталонного источника $\varphi_0$ , мин $^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$	Источник №____, тип	Измеренное значение плотности потока в контрольной точке, мин $^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$		$\delta_\alpha$ , %	$\pm\delta_{\alpha\text{доп.}}$ %
		$\varphi_{ji}$	$\overline{\varphi_j}$		
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 $\varphi_0$ , мин $^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$	Источник №____, тип	Измеренное значение плотности потока в контрольной точке, мин $^{-1}\cdot\text{см}^{-2}$		$\delta_\beta$ , %	$\pm\delta_{\beta\text{доп.}}$ %
		$\varphi_{ji}$	$\overline{\varphi_j}$		
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 ( $^{137}\text{Cs}$ )

Таблица Б.5

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

**Продолжение таблицы Б.5**

1	2
Энергетическая ширина канала $K$ , кэВ	
Ширина ППП линии излучения $^{137}\text{Cs}$ на половине высоты $\Delta_n$ , 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  $^{137}\text{Cs}$**

**Таблица Б.6**

Эталонный радиоактивный раствор (ЭРР) $^{137}\text{Cs}$ $A_0$ , Бк/л	Источник $^{137}\text{Cs}$ № _____ 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