

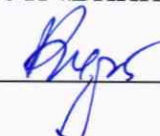
**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
А.Н. Пронин
«24» марта 2022 г.



Государственная система обеспечения единства измерений
РАДИОМЕТРЫ АЛЬФА- И БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЙ РКБА-01 «РАДЭК»
Методика поверки
МП 2102-021-2022

Заместитель руководителя отдела измерений
ионизирующих излучений
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 Н.И. Кармалицын

Старший научный сотрудник

 В.П. Домарацкий

Содержание

Общие положения	3
1. Перечень операций поверки	4
2 Требования к условиям проведения поверки	5
3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	5
4 Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки	6
6 Внешний осмотр средства измерений	7
7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7
8 Проверка программного обеспечения средства измерений	7
9 Определение метрологических характеристик средства измерений	8
9.1 Проверка чувствительности радиометра к альфа- и бета-излучению	8
9.2 Определение погрешности передачи размера единицы активности радиометром в режиме компаратора с использованием блоков детектирования БДА-200 и БДБ-200	9
9.3 Проверка нестабильности радиометра за 24 часа непрерывной работы	13
9.4 Проверка максимальной входной статистической загрузки	13
10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	144
11 Оформление результатов поверки	144
Приложение А	155

Общие положения

Настоящая методика поверки (далее МП) применяется для поверки радиометров альфа- и бета-излучений РКБА-01 «РАДЭК» (далее по тексту – радиометры), используемых в качестве рабочих средств измерений при измерении суммарной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов, а также специализированных источников альфа- и бета-излучения размерами до 6П9 и 6СО, соответственно. Радиометр может быть использован в качестве компаратора для поверки источников 2-го разряда согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений активности, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2841.

Настоящая МП устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки.

Первичной поверке подлежат радиометры до ввода в эксплуатацию и выпускаемые в обращение после ремонта.

Периодической поверке подлежат радиометры, находящиеся в эксплуатации.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования к поверяемому средству измерений

Диапазон измерений	Нормированные значения контролируемых метрологических (технических) характеристик, параметров
Чувствительность к альфа - излучению радионуклида ^{239}Pu блока детектирования БДА-60, $\text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$, не менее	0,3
Чувствительность к альфа - излучению радионуклида ^{239}Pu блока детектирования БДА-200, $\text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$, не менее	0,15
Чувствительность к бета - излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y блока детектирования БДБ-60, $\text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$, не менее	0,24
Чувствительность к бета - излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y блока детектирования БДБ-200, $\text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$, не менее	0,25
Относительная погрешность передачи размера единицы активности радиометром в режиме компаратора при поверке источников альфа - излучения радионуклида ^{239}Pu 2-го разряда при использовании блоков детектирования БДА-200, %, не более	± 2
Относительная погрешность передачи размера единицы активности радиометром в режиме компаратора при поверке источников бета-излучения радионуклидов $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ 2-го разряда при использовании блоков детектирования БДБ-200, %, не более	± 2
Нестабильность радиометра за 24 часа непрерывной работы, %, не более	± 2
Максимальная входная статистическая нагрузка, с^{-1} , не менее	$5 \cdot 10^4$

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы активности в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений активности, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2841.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений.

Примечание. При пользовании настоящей МП целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Примечание. Настоящей МП не предусмотрена возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин. Настоящей МП не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных измерительных блоков из состава СИ и на меньшем числе диапазонов измерений.

1. Перечень операций поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции при проведении поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	6
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	7
Подтверждение соответствия ПО	да	да	8
Определение метрологических характеристик:			
– Проверка чувствительности к альфа - излучению радионуклида ^{239}Pu блока детектирования БДА-60	да	да	9.1
– Проверка чувствительности к альфа - излучению радионуклида ^{239}Pu блока детектирования БДА-200	да	да	9.1
– Проверка чувствительности к бета - излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y блока детектирования БДБ-60	да	да	9.1
– Проверка чувствительности к бета - излучению радионуклида ^{90}Sr - ^{90}Y блока детектирования БДБ-200	да	да	9.1

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
– Определение относительной погрешности передачи размера единицы активности радиометром в режиме компаратора при поверке источников альфа - излучения радионуклида ^{239}Pu 2-го разряда при использовании блоков детектирования БДА-200	да	да	9.2*)
– Определение относительной погрешности передачи размера единицы активности радиометром в режиме компаратора при поверке источников бета-излучения радионуклидов $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ 2-го разряда при использовании блоков детектирования БДБ-200	да	да	9.2*)
– Проверка нестабильности радиометра за 24 часа непрерывной работы	да	нет	9.3
– Проверка максимальной входной статистической загрузки	да	нет	9.4
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	да	да	10
Оформление результатов поверки	да	да	11
*Определяются при использовании радиометра в режиме компаратора			

2 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25
- атмосферное давление, кПа от 86 до 106
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
- внешний фон гамма-излучения, мкЗв/ч не более 0,2

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области дозиметрии ионизирующих излучений, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений, изучившие руководство по эксплуатации и аттестованные в качестве поверителей в установленном порядке.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки с характеристиками, указанными в таблице 3.

4.2 Все эталоны и средства измерений должны быть исправны и иметь действующие свидетельства об аттестации или действующие записи о положительных результатах поверки во ФГИС «Аршин».

4.3 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
2. Требования к условиям проведения поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,5 °С Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более 3 % Средства измерений мощности амбиентного эквивалента дозы в диапазоне от 0,1 до 100 мкЗв/ч с относительной погрешностью не более 20 %	Метеометры МЭС-200А, рег. № 27468-04 Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121 и ДКС-АТ1123, рег. № 19793-00, 19793-09, 19793-14, 19793-19
9. Определение метрологических характеристик средства измерений	Источники альфа-излучения закрытые с радионуклидом плутоний-239 - рабочие эталоны не ниже 2 разряда по согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2841 с активностью от $1 \cdot 10^3$ до $3 \cdot 10^5$ Бк	Источники альфа-излучения закрытые с радионуклидом плутоний-239, рег. № 61304-15
9. Определение метрологических характеристик средства измерений	Источники бета-излучения закрытые с радионуклидами стронций-90+иттрий-90 - рабочие эталоны не ниже 2 разряда по согласно Государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2841 типов с активностью от $1 \cdot 10^3$ до $3 \cdot 10^5$ Бк	Источники бета-излучения закрытые с радионуклидами стронций-90+иттрий-90, рег. № 61305-15

5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 СП 2.6.1.2612-10, Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 СанПиН 2.6.1.2523–09, Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г № 903н, действующих инструкций по мерам безопасности в поверочной лаборатории, а также требования безопасности, изложенные в соответствующих разделах технической документации на средства поверки и правила техники безопасности, действующие на данном предприятии.

5.2 К работе должны привлекаться только сотрудники, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений.

6 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- соответствие комплектности поверяемого радиометра требованиям ЭД в объеме, необходимом для проведения поверки;
- наличие и сохранность пломб и маркировки;
- наличие записи о положительных результатах поверки во ФГИС «Аршин» (при периодической поверке);
- отсутствие на радиометре загрязнений, механических повреждений и дефектов, влияющих на его работоспособность.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с эксплуатационной документацией (далее – ЭД) на радиометр.

7.2 Радиометр и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с ЭД на них.

7.3 Провести контроль условий окружающей среды. Условия окружающей среды должны удовлетворять требованиям п. 2 настоящей МП.

7.4 Провести опробование средства измерений в соответствии с разделом 2 настоящего руководства по эксплуатации «Установка и подготовка к работе». При отрицательных результатах опробования дальнейшая поверка не проводится.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) радиометра включает проверку встроенного ПО и проверку внешнего ПО.

Проверка ПО заключается в проверках идентификационного наименования ПО, номера версии ПО; цифрового идентификатора ПО (контрольной суммы исполняемого кода). Идентификационное наименование и номер версии ПО отображаются средствами ОС Windows в свойствах исполняемого файла «ASW.exe». Определение цифрового идентификатора ПО проводят посредством подсчета контрольной суммы исполняемого файла по алгоритму CRC32 с помощью внешней программы. Отображение версии ПО показано на рисунке 1.

Результаты проверки по п. 8 считаются удовлетворительными, если идентификационные данные ПО соответствуют указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО, приведенные в описании типа

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Идентификационное наименование ПО	ASW
Номер версии (идентификационный номер) ПО	28.09.2010 ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО (по CRC32)	AC532F8E ²⁾
¹⁾ Номер версии ПО не ниже указанного в таблице.	
²⁾ Контрольная сумма относится к версии ПО, указанной в таблице.	



Рисунок 1 – Отображение версии программного обеспечения

При периодической поверке соответствие подтверждается сравнением номеров версий и вычисленного цифрового идентификатора со значениями, указанными в свидетельстве о предыдущей поверке.

При несоответствии номеров версий и цифровых идентификаторов, за исключением случаев официальной замены производителем программного обеспечения, выдается извещение о непригодности.

В случае официального обновления производителем программного обеспечения определенные при периодической поверке обновленные идентификационные данные (номера версий и цифровые идентификаторы) заносят в свидетельство о поверке.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Проверка чувствительности радиометра к альфа- и бета-излучению

9.1.1 Проверку чувствительности радиометра к альфа- и бета-излучению следует проводить:

- с блоками детектирования БДА-60 при расположении источника из ^{239}Pu типа 3П9 на расстоянии 4 мм от центра торцевой поверхности детектора;
- с блоком детектирования БДБ-60 при расположении источника из $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ типа 3СО на расстоянии 4 мм от центра торцевой поверхности детектора;
- с блоками детектирования БДА-200 при расположении источника из ^{239}Pu типа 6П9 на расстоянии 2,5 мм от центра торцевой поверхности детектора;
- с блоком детектирования БДБ-200 при расположении источника из $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ типа 6СО на расстоянии 2,5 мм от центра торцевой поверхности детектора.

9.1.2 Проверка чувствительности радиометра к альфа-излучению

9.1.3 Установить на устройство позиционирования фоновую подложку под блок детектирования.

9.1.4 Провести измерения фона. Время экспозиции не более 1000 с. Сохранить результат.

9.1.5 Установить на устройство позиционирования источник альфа-излучения ^{239}Pu .

9.1.6 Активность источника выбирается таким образом, чтобы загрузка радиометра не превышала 2000 с^{-1} .

9.1.7 Провести не менее пяти измерений в соответствии с РЭ радиометра. Время экспозиции 1000 с. Сохранить результат.

9.1.8 Рассчитать чувствительность радиометра к альфа-излучению по формуле:

$$\eta_i = \frac{n_i - n_{\phi}}{A}$$

где $\bar{n}$ - скорость счета от источника альфа излучения, имп/с;

$\bar{n}_\phi$ - скорость счета при измерении фона, имп/с;

η_i - чувствительность к альфа-излучению, $\text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$;

A - активность эталонного источника радионуклида ^{239}Pu (из свидетельства о поверке), Бк.

Вычислить относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений по формуле:

$$S(\bar{\eta}) = \frac{100}{\bar{\eta}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\eta_i - \bar{\eta})^2}{n(n-1)}}$$

где $\bar{\eta}$ - среднее значение чувствительности, $\text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$

Определить относительную погрешность определения чувствительности по формуле:

$$\delta = \frac{(\delta_A + t_m \cdot S_{\bar{\eta}})}{\sqrt{\frac{1}{3} \delta_A^2 + S_{\bar{\eta}}^2}} \sqrt{S_{\bar{\eta}}^2 + \frac{1}{3} \delta_A^2}$$

где $\delta_A = 6\%$ - относительная погрешность аттестации активности эталона;

t_m - коэффициент Стьюдента для m наблюдений и $P=0,95$.

9.1.9 Результаты проверки по п. 9.1.2 считаются положительными, если чувствительность к альфа-излучению радионуклида ^{239}Pu с учетом погрешности ее определения, т.е. величина $(\eta - \eta \cdot \delta/100)$, составляет не менее $0,3 \text{ с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$ для БДА-60 и не менее $0,15 \text{ с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$ для БДА-200.

9.1.10 Повторить операции по п.п. 9.1.3 – 9.1.9 с блоками детектирования БДБ-60 при расположении источника из $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ типа ЗСО на расстоянии 4 мм от торцевой поверхности детектора и БДБ-200 при расположении источника из $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ типа 6СО на расстоянии 2,5 мм от торцевой поверхности детектора.

9.1.11 Результаты проверки по п. 9.1.10 считаются положительными, если чувствительность к бета-излучению радионуклидов $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ с учетом погрешности ее определения, т.е. величина $(\eta - \eta \cdot \delta/100)$, составляет не менее $0,24 \text{ с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$ для БДБ-60 и не менее $0,25 \text{ с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$.

9.2 Определение погрешности передачи размера единицы активности радиометром в режиме компаратора с использованием блоков детектирования БДА-200 и БДБ-200 проводят с учетом положений ГОСТ 8.581-2003 и ГОСТ 8.582-2003 по схеме с однократной сменой источников. При этом в качестве проверяемого источника используется тот же самый эталонный.

9.2.1 Определение относительной погрешности передачи размера единицы активности радиометром в режиме компаратора при поверке источников альфа-излучения радионуклида ^{239}Pu 2-го разряда при использовании блока детектирования БДА-200.

9.2.2 Определение погрешности передачи единицы активности следует проводить с использованием источника из радионуклида ^{239}Pu с активностью от 10^3 Бк до 10^4 Бк при расположении источника во время измерений на расстоянии 2,5 мм от центра торцевой поверхности детектора.

9.2.3 Подготовить радиометр к выполнению измерений в соответствии с руководством по эксплуатации ШФРК.412151.003.РЭ.

9.2.4 Установить на устройство позиционирования эталонный источник альфа-излучения из радионуклида ^{239}Pu под детектор блока БДА-200.

9.2.5 Провести не менее 15 измерений скорости счета n_{0i} от источника в соответствии с РЭ радиометра. Время экспозиции от 10 до 300 с. Сохранить результат.

9.2.6 Убрать источник из устройства позиционирования. Провести не менее 15 измерений скорости счета фона $n_{\phi i}$. Сохранить результат.

9.2.7 Установить на устройство позиционирования проверяемый источник и провести не менее 10 измерений скорости счета n_{ni} .

9.2.8 Рассчитать относительные СКО, %, среднего арифметического значения результатов измерений скоростей счета от эталонного, проверяемого источников и фона $S_{n_0}^-$, $S_{n_n}^-$, $S_{n_\phi}^-$, соответственно, по формулам:

$$S_{n_0}^- = \frac{1}{n_0 - n_\phi} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (n_{0j} - \bar{n}_0)^2}{k(k-1)}}$$

$$S_{n_n}^- = \frac{1}{n_n - n_\phi} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (n_{nj} - \bar{n}_n)^2}{k(k-1)}}$$

$$S_{n_\phi}^- = \frac{\bar{n}_n - \bar{n}_0}{(\bar{n}_0 - n_\phi)(\bar{n}_n - n_\phi)} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (n_{\phi j} - \bar{n}_\phi)^2}{k(k-1)}}$$

где n_{0j} , n_{nj} , $n_{\phi j}$ - скорости счета от эталонного источника, от проверяемого источника и фона, соответственно;

$\bar{n}_0$, $\bar{n}_n$, $\bar{n}_\phi$ - средние арифметические значения результатов измерений скоростей счета от эталонного источника, от проверяемого источника и фона, соответственно;

k - число измерений.

9.2.9 Рассчитать СКО отношений средних арифметических значений результатов измерений скоростей счета импульсов S_R^- , %, от эталонного, проверяемого источников и фона по формуле:

$$S_R^- = \sqrt{S_{n_0}^2 + S_{n_n}^2 + S_{n_\phi}^2}$$

9.2.10 Рассчитать относительную погрешность δ , %, передачи размера единицы активности при доверительной вероятности 95 % по формуле:

$$\delta = K_2 \cdot S_{\Sigma_2}$$

где K_2 - множитель, рассчитываемый по формуле:

$$K_2 = \frac{q_k S_R^- + 1,1\theta_2}{S_R^- + \sqrt{\frac{\theta_2^2}{3}}}$$

q_k - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,95;

$$\theta_2 = \sqrt{\theta_v^2 + \theta_k^2 + \theta_r^2}$$

S_{Σ_2} - относительное суммарное СКО результата измерений, %, вычисляемое по формуле:

$$S_{\Sigma_2} = \sqrt{S_R^2 + \frac{1}{3}\theta_v^2 + \frac{1}{3}\theta_k^2 + \frac{1}{3}\theta_r^2}$$

где θ_v - относительная неисключенная систематическая погрешность, обусловленная нестабильностью показаний радиометра определяют экспериментально при поверке радиометра и при его эксплуатации в следующем порядке.

Помещают в радиометр источник излучения, создающий скорость счета импульсов порядка 10 с^{-1} . Время одного измерения устанавливают 1000 с. Измерения проводят в течение всего рабочего дня (8 ч), исключая период установления рабочего режима радиометра.

По данным измерений находят наибольшее изменение скорости счета импульсов за любой 1 ч рабочего времени, за 2 ч, за 3 ч, ..., за 8 ч.

Относительную неисключенную систематическую погрешность, обусловленную нестабильностью показаний радиометра за любой требуемый интервал времени, рассчитывают по формуле:

$$\theta_v = \frac{\Delta n}{2 \cdot \bar{n}} \cdot 100, \%$$

где $\bar{n}$ - средняя скорость счета импульсов в этом интервале, с^{-1} .

Результаты определения нестабильности радиометра являются основанием для ограничения интервала времени между измерениями эталонного и поверяемого источников, их используют в формулах оценки погрешности измерений источников.

θ_k - относительная неисключенная систематическая погрешность компаратора учитывает две составляющие, обусловленные влиянием неравномерности активного слоя источника θ_{k1} и влиянием деформации или различием в толщине подложек сличаемых источников θ_{k2} .

Значение θ_{k1} для источников с активной поверхностью 100 и 160 см^2 определяют по формуле:

$$\theta_{k1} = 1,1 \sqrt{\eta_0^2 + \eta_n^2} \frac{s_0}{S_0} \frac{|1 - \xi' / \xi|}{1 - s_0 / S_0}$$

где η_0 и η_n - неравномерность активного слоя у эталонного и поверяемого источников, соответственно, по их паспорту (20 %), %;

s_0 и S_0 - площадь с максимальным отклонением активности радионуклидов и площадь активной поверхности всего источника соответственно. Отношение s_0 / S_0 принимают равным 0,06 и 0,1 для источников с активной поверхностью 160 и 100 см^2 соответственно;

ξ' / ξ - относительное изменение эффективности регистрации частиц всего детектора для краевых участков источников по отношению к среднему при заданных расстояниях между источником и детектором.

Отношение ξ' / ξ определяют перемещением источника с активной поверхностью 10 см в двух взаимно перпендикулярных направлениях в пределах площади активной поверхности поверяемых источников с измерением скорости счета импульсов n_i от источника в каждой точке. Отношение ξ' / ξ вычисляют по формуле:

$$\xi' / \xi = n_i / \bar{n}$$

Где $\bar{n}$ - среднее значение скоростей счета по всем точкам, с^{-1} .

В качестве ξ' / ξ выбирают значение $n_i / \bar{n}$ с наибольшим отклонением от единицы.

Для определения составляющей погрешности θ_{K2} устанавливают в радиометр источник с наибольшей по размеру активной поверхностью и с активностью порядка $10^3 - 10^4$ Бк. Измеряют среднюю скорость счета импульсов от источника n_1 (число зарегистрированных импульсов при измерениях должно быть не менее 10^7).

Под источник или под его борта подкладывают пластинки толщиной 0,5-1 мм. Измеряют скорость счета импульсов для смещенного положения источника n_2 .

Значение θ_{K2} для допускаемого отклонения в деформации подложки 0,5 мм определяют по формуле:

$$\theta_{K2} = \frac{0,5(n_1 - n_2)}{h n_1} 100$$

где h - смещение источника при втором измерении, мм.

Неисключенную систематическую погрешность радиометра θ_K рассчитывают по формуле:

$$\theta_K = 1,1 \sqrt{\theta_{K1}^2 + \theta_{K2}^2}$$

θ_K - относительная неисключенная систематическая погрешность, обусловленная неточностью определения разрешающего (мертвого) времени компаратора, %, вычисляемая по формуле:

$$\theta_K = \left| \bar{n}_0 - \bar{n}_n \right| \cdot \tau \delta_K,$$

где τ - разрешающее (мертвое) время радиометра, с;

δ_K - относительная погрешность определения разрешающего (мертвого) времени радиометра (определяется в соответствии с Приложением А ГОСТ 8.581-2003, Приложением А ГОСТ 8.582-2003), %.

Примечание. Экспериментально установлено, что разрешающее (мертвое) время радиометра составляет порядка $1,4 \cdot 10^{-5}$ с. Таким образом величина θ_K пренебрежимо мала по сравнению с остальными составляющими формулы для расчета S_{Σ} и в дальнейших расчетах величину θ_K можно не учитывать.

9.2.11 Результаты проверки по п. 9.2.1 считаются положительными, если полученные значения погрешности, δ , передачи размера единицы активности при измерении радиометром с блоком детектирования БДА-200 не превышают допустимые значения 2 %.

9.2.12 Определение относительной погрешности передачи размера единицы активности радиометром в режиме компаратора при проверке источников бета-излучения радионуклидов $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ 2-го разряда при использовании блоков детектирования БДБ-200.

9.2.13 Определение погрешности передачи единицы активности следует проводить с использованием источника из радионуклидов $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ с активностью от 10^3 Бк до 10^4 Бк при расположении источника во время измерений на расстоянии 2,5 мм от центра торцевой поверхности детектора.

9.2.14 Повторить операции по п.п. 9.2.3 – 9.2.10.

9.2.15 Результаты проверки по п. 9.2.12 считаются положительными, если полученные значения погрешности, δ , передачи размера единицы активности при измерении радиометром с блоком детектирования БДБ-200 не превышают допустимые значения 2 %.

9.3 Проверка нестабильности радиометра за 24 часа непрерывной работы.

9.3.1 Проверка времени непрерывной работы и нестабильности радиометра за 24 часа непрерывной работы с блоками детектирования БДА-200 и БДБ-200 проводится с источниками радионуклидов ^{239}Pu и $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

9.3.2 Перед испытанием радиометр должен находиться в выключенном состоянии не менее 2 часов.

9.3.3 Включить радиометр, отметив время включения.

9.3.4 По окончании времени выхода на рабочий режим (30 мин) провести измерения в следующей последовательности.

9.3.5 Установить на устройство позиционирования источник из радионуклида ^{239}Pu под детектор блока БДА-200 и $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ под детектор блока БДБ-200.

9.3.6 В течение 24 часов непрерывной работы проводить ежечасно измерения скорости счета от источника N_i с экспозицией 1000 с.

9.3.7 Рассчитать нестабильность, G , %, радиометра при измерении активности как максимальное отклонение активности от полученной при первом измерении по формуле:

$$G = (|N_1 - N_{i\max}| / N_1) \cdot 100, \%$$

9.3.8 Результаты поверки по п. 9.3 считают удовлетворительными, если нестабильность с блоком детектирования БДА-200 не превышает ± 2 %.

9.3.9 Результаты поверки по п. 9.3 считают удовлетворительными, если нестабильность с блоком детектирования БДБ-200 не превышает ± 2 %.

9.4 Проверка максимальной входной статистической загрузки

9.4.1 Подготовить радиометр к выполнению измерений в соответствии с руководством по эксплуатации ШФРК.412151.03.РЭ.

9.4.2 Установить на устройство позиционирования источник альфа-излучения ^{239}Pu под детектор блока БДА-200.

9.4.3 Активность источника должна соответствовать от 75 % до 100 % от максимальной статистической загрузки радиометра.

9.4.4 Провести измерение скорости счета от источника радионуклида ^{239}Pu . Время экспозиции не более 1000 с. Сохранить результат. Повторить измерения не менее пяти раз. Определить среднее арифметическое значение.

9.4.5 Убрать источник из устройства позиционирования. Провести измерение фона. Сохранить результат.

9.4.6 Рассчитать активность радионуклида в источнике по формуле:

$$A_u = \frac{\bar{N} - N_\phi}{\eta},$$

где $\bar{N}$ - среднее значение скорости счета от источника, с^{-1} ;

N_ϕ - скорость счета фона, с^{-1} ;

η - чувствительность радиометра, определенная в п. 9.1, $\text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$.

9.4.7 Определить отклонение результата измерений активности радионуклида Δ_0 в процентах по формуле:

$$\Delta_0 = \frac{A_u - A_0}{A_0} \cdot 100$$

где A_0 - активность эталонного источника, Бк;

A_u - измеренное значение активности радионуклида радиометра, Бк.

9.4.8 Результаты поверки по п. 9.9 считают удовлетворительными, если отклонение Δ_0 не превышает 20 %.

9.4.9 Повторить операции по п.п. 9.9.1 – 9.9.7 с блоком детектирования.

9.4.10 Результаты поверки по п. 9.9 считают удовлетворительными, если отклонение Δ_0 не превышает 20 %.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Радиометр альфа- и бета-излучений РКБА-01 «РАДЭК» признают соответствующим метрологическим требованиям, указанным в Описании типа, если операции по п.п. 6 – 9 выполнены с положительными результатами.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результат поверки признают положительным, если с положительными результатами выполнены операции по п.п. 6 – 9. Все результаты заносятся в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

11.2 Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке.

11.3 По заявлению владельца радиометра или лица, представившего его на поверку, положительный результат поверки оформляется Свидетельством о поверке установленной формы.

Знак поверки наносится в паспорт прибора или на свидетельство о поверке, выпущенное на бумажном носителе.

11.4 Прибор, не прошедший поверку, к обращению не допускается. Сведения о непригодности передаются в Федеральный информационный фонд в установленном порядке. По заявлению владельца радиометра или лица, представившего его на поверку, выдаётся Извещение о непригодности установленной формы с указанием причин несоответствия.

Приложение А
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ _____ от _____ г. к свидетельству о поверке (извещению о непригодности)
№ _____ от _____ г.

Наименование средства измерения (эталона), тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской номер	
Изготовитель	
Год выпуска	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (если имеются)	
Дата предыдущей поверки	

Вид поверки:

Методика поверки:

Средства поверки:

Наименование и регистрацион- ные номера эталона, СИ, СО в Федеральном информационном фонде	Метрологические характери- стики	Примечание

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °С	от 15 до 25	
Атмосферное давление, кПа	от 86 до 106	
Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80	
Внешний фон гамма-излучения, мкЗв/ч	не более 0,2	

Результаты поверки

1 Внешний осмотр

Комплектность *соответствует (не соответствует)* требованиям технической документа-
ции.

Пломбы и маркировка присутствуют (отсутствуют), повреждений нет (есть).

Запись о положительных результатах поверки во ФГИС «Аршин» имеется (не имеется).

Загрязнения, механические повреждения, дефекты *отсутствуют (присутствуют)*.

Вывод: результаты проверки: *положительные (отрицательные)*.

2 Опробование

Прибор *работоспособен (не работоспособен)*.

Сообщения об ошибках *отсутствуют (имеются; указать содержание)*.

Результаты опробования *положительные (отрицательные)*.

3 Проверка программного обеспечения

Идентификационные данные программного обеспечения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Идентификационное наименование ПО	
Номер версии (идентификационный номер) ПО	
Цифровой идентификатор ПО (по CRC32)	

Результаты проверки ПО *положительные (отрицательные)*.

4 Проверка чувствительности радиометра к альфа- и бета-излучению

Таблица 2 – Проверка чувствительности радиометра к альфа-излучению

БДА-60		БДА-200	
n_{ϕ}			
$n_i, \text{с}^{-1}$	$\eta_i, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	$n_i, \text{с}^{-1}$	$\eta_i, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$
$\overline{\eta}, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$		$\overline{\eta}, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	
$S(\overline{\eta}), \%$		$S(\overline{\eta}), \%$	
$\delta, \%$		$\delta, \%$	
$\eta_i - \eta_i \cdot \delta / 100, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$		$\eta_i - \eta_i \cdot \delta / 100, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	
$\eta_{\text{пред}}, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	0,15	$\eta_{\text{пред}}, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	0,1

Результаты проверки чувствительности радиометра к альфа-излучению *положительные (отрицательные)*.

Таблица 3 – Проверка чувствительности радиометра к бета-излучению

БДБ-60		БДБ-200	
n_{ϕ}			
$n_i, \text{с}^{-1}$	$\eta_i, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	$n_i, \text{с}^{-1}$	$\eta_i, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$
$\bar{\eta}, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$		$\bar{\eta}, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	
$S(\bar{\eta}), \%$		$S(\bar{\eta}), \%$	
$\delta, \%$		$\delta, \%$	
$\eta_i - \eta_i \cdot \delta / 100, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$		$\eta_i - \eta_i \cdot \delta / 100, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	
$\eta_{\text{пред}}, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	0,15	$\eta_{\text{пред}}, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$	0,15

6 Проверка нестабильности радиометра за 24 часа непрерывной работы

№ измерения	Скорость счета, с ⁻¹			
	БДА-60	БДА-200	БДБ-60	БДБ-200
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
Δ_{max}				
$G, \%$				
$G_{пред}, \%$	2			

Результаты проверки нестабильности блока детектирования БДА-60 *положительные (отрицательные)*.

Результаты проверки нестабильности блока детектирования БДА-200 *положительные (отрицательные)*.

Результаты проверки нестабильности блока детектирования БДБ-60 *положительные (отрицательные)*.

Результаты проверки нестабильности блока детектирования БДБ-200 *положительные (отрицательные)*.

7 Проверка максимальной входной статистической загрузки

Номер измерения	БДА-60	БДА-200	БДБ-60	БДБ-200
	$N_i, \text{с}^{-1}$	$N_i, \text{с}^{-1}$	$N_i, \text{с}^{-1}$	$N_i, \text{с}^{-1}$
1				
2				
3				
4				
5				
$\overline{N}$				
$N_{\phi}, \text{с}^{-1}$				
$\eta, \text{с}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$				
$A_u, \text{Бк}$				
$A_0, \text{Бк}$				
$\Delta_0, \%$				

Результаты проверки максимальной входной статистической загрузки блока детектирования БДА-60 *положительные (отрицательные)*.

Результаты проверки максимальной входной статистической загрузки блока детектирования БДА-200 *положительные (отрицательные)*.

Результаты проверки максимальной входной статистической загрузки блока детектирования БДБ-60 *положительные (отрицательные)*.

Результаты проверки максимальной входной статистической загрузки блока детектирования БДБ-200 *положительные (отрицательные)*.

Заключение: Радиометр альфа- и бета-излучений РКБА-01 «РАДЭК зав. № _____ *соответствует (не соответствует)* предъявляемым требованиям и признан *годным (не годным)* к применению.

На основании результатов поверки выдано:

Свидетельство о поверке № _____ от _____ г.

(Извещение о непригодности № _____ от _____ г.

Причина непригодности: _____)

Поверку произвел _____
ФИО
подпись
дата