

**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

«22» января 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Источники альфа-излучения радионуклидные
спектрометрические эталонные ОСАИ**

Методика поверки

МП 2101-036-2024

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

Г.В. Жуков

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

Т.И. Шильникова

Санкт-Петербург,
2024 г.

Содержание

Общие положения	3
1 Перечень операций поверки средства измерений	4
2 Требования к условиям проведения поверки	4
3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
4 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки	6
6 Внешний осмотр средства измерений	6
7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	6
8 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	7
9 Оформление результатов поверки ..	11
Приложение А (рекомендуемое).....	12

Общие положения

Настоящая методика поверки (далее – МП) применяется для поверки источников альфа-излучения радионуклидных спектрометрических эталонных ОСАИ (далее по тексту - источники ОСАИ), предназначенных для воспроизведения активности альфа-излучающих радионуклидов и потока альфа-частиц через рабочую поверхность источника (внешнее излучение источника).

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

Таблица 1 – Метрологические требования к средству измерений

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в источнике при выпуске для применения в качестве, %: – рабочих эталонов 1-го разряда – рабочих эталонов 2-го разряда	± 5 ± 7
Пределы допускаемой относительной погрешности потока альфа-частиц в 2π ср при выпуске для применения в качестве, %: – рабочих эталонов 1-го разряда – рабочих эталонов 2-го разряда	± 5 ± 7

Проверка проводится методом прямых измерений или сличений с помощью компаратора величин, воспроизводимых эталоном, и обеспечивает прослеживаемость поверяемых источников к Государственному первичному эталону единиц активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока фотонного, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016 в соответствии с ГОСТ 8.033-2023.

Настоящая МП устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Примечания:

1) 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 МП 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.

2) Настоящей МП не предусмотрена возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин и на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции при проведении поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
3 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	8
3.1 Определение относительной погрешности потока альфа-частиц в 2π ср и суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в источнике	Да	Да	8.1
3.2 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	8.2

2 Требования к условиям проведения поверки

Поверка должна быть проведена при соблюдении следующих условий:

- температура окружающего воздуха от +15 °C до +25 °C;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа;
- внешний радиационный фон (мощность амбиентного эквивалента дозы) не более 0,2 мкЗв/ч.

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области измерений ионизирующих излучений, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений, допущенные к поверке средств измерений в установленном порядке.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2. Все эталоны и средства измерений должны быть исправны и иметь действующие свидетельства об аттестации или сведения о поверке в Федеральном ин-

формационном фонде по обеспечению единства измерений.

Таблица 2 – Эталоны и вспомогательные средства, применяемые при поверке

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7.3 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	<p>Средство измерений температуры в диапазоне измерений от 0 до +40 °C, цена деления 1 °C.</p> <p>Средство измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 80 до 107 кПа, относительная погрешность измерений не более ±3 %.</p> <p>Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 10 до 100 %, абсолютная погрешность измерений не более ±5 %.</p> <p>Средство измерений мощности амбиентного эквивалента дозы в диапазоне измерений от 0,05 мкЗв/ч до 10 Зв/ч, относительная погрешность измерений не более ±15 %.</p> <p>Средство измерений плотности потока альфа-частиц от 0,1 до $2 \cdot 10^3$ мин⁻¹·см⁻², относительная погрешность измерений не более ±20 %.</p>	<p>Метеометры МЭС-200А, рег. № в ФИФ ОЕИ 27468-04;</p> <p>Дозиметры рентгеновского и гаммаизлучения ДКС-АТ1123, рег. № в ФИФ ОЕИ 19793-19;</p> <p>Дозиметр-радиометр ДКС-96 с блоком детектирования альфа-излучения, рег. № в ФИФ ОЕИ 16369-11</p>
п. 8.1 Определение относительной погрешности потока альфа-частиц в 2π ср и суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в источнике	<p>При поверке источников ОСАИ в качестве рабочих эталонов 1 разряда:</p> <p>Вторичные эталоны активности радионуклидов и потока альфа-частиц:</p> <p>Диапазон активности $(10^1 - 10^6)$ Бк; $S_\Sigma = (0,5 - 2) \%$,</p> <p>Диапазон потока альфа-частиц $(5 - 5 \cdot 10^5)$ с⁻¹; $S_\Sigma = (0,5 - 2) \%$;</p> <p>При поверке источников ОСАИ в качестве рабочих эталонов 2 разряда:</p> <p>Рабочие эталоны 1-го разряда –</p> <p>Диапазон активности $(10^1 - 10^6)$ Бк; $\delta_0 = (3 - 5) \%$,</p> <p>Диапазон потока альфа-частиц $(5 - 5 \cdot 10^5)$ с⁻¹; $\delta_0 = (3 - 5) \%$.</p> <p>Максимальная нестабильность компаратора - не более 2 %</p>	<p>Эталоны:</p> <p>Спектрометры энергии альфа-излучения с импульсной ионизационной камерой, рег. № в ФИФ ОЕИ 75646-19;</p> <p>Источники альфаизлучения радионуклидные спектрометрические эталонные,</p> <p>рег. № в ФИФ ОЕИ 56659-14</p> <p>Компаратор:</p> <p>Спектрометры альфа-излучения Alpha Analyst,</p> <p>рег. № в ФИФ ОЕИ 53561-13</p>

Примечание - Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

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 15.12.2020 г. № 903н, 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:

- наличие паспорта на источник ОСАИ и записи о предыдущей поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (при периодической поверке);
- читаемость и соответствие маркировки источника ОСАИ;
- отсутствие на поверхности источника ОСАИ видимых механических повреждений.

Примечание: источник ОСАИ с обнаруженными механическими повреждениями поверке не подлежит.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

7.2 Проводят контроль условий поверки путем измерений температуры и относительной влажности окружающего воздуха, атмосферного давления и мощности амбиентного эквивалента дозы фонового облучения. Полученные результаты должны соответствовать требованиям к условиям проведения поверки, указанным в п. 2.

7.3 Проводят проверку уровня нефиксированного радиоактивного загрязнения (УРЗ) методом «влажного мазка» по методике ГОСТ Р 51919-2002 п.5.3.1 с помощью тампона из ваты или марли, увлажненного этиловым спиртом. Проверку выполняют для обратной стороны источника, протирая поверхность тампоном. Измерения активности альфа-излучающих радионуклидов на тампоне выполняют в соответствии с руководством по эксплуатации дозиметра-радиометра. Если уровень поверхностного загрязнения радионуклидного источника не превышает 185 Бк, результат опробования считается положительным.

7.4 Подготовку спектрометра к работе выполняют согласно Руководству по эксплуатации на него.

8 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

8.1 Определение относительной погрешности потока альфа-частиц в 2π ср и суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в источнике.

8.1.1 Определяют собственный фон спектрометра или компаратора, выполнив не менее 5 измерений.

8.1.2 Вычисляют среднее значение скорости счета фона \bar{n}_ϕ , с^{-1} :

$$\bar{n}_\phi = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l n_{\phi j} \quad (1)$$

где $n_{\phi j}$ - скорость счета фона при j -ом измерении, с^{-1} ,

l - число повторных измерений фона.

8.1.3 Для метода прямых измерений установку источника и запуск измерений выполняют в соответствии с Руководством по эксплуатации спектрометра.

8.1.4 Число повторных измерений скорости счёта импульсов от источника должно быть не менее 5, количество зарегистрированных импульсов в каждом измерении должно составлять не менее 10^4 .

8.1.5 Вычисляют поток альфа-частиц в 2π ср, φ_i , с^{-1} , по формуле:

$$\varphi_i = \frac{1}{\varepsilon} \cdot (n_i - \bar{n}_\phi) \quad (2)$$

где n_i - скорость счета импульсов от источника при i -ом измерении, с^{-1} ,

ε - эффективность регистрации альфа-частиц с энергией, соответствующей измеряемому радионуклиду (из паспорта эталона или протокола о поверке спектрометра, применяемого в качестве эталона), отн. ед.;

8.1.6 Среднее значение потока альфа-частиц в 2π ср, $\bar{\varphi}$, с^{-1} , вычисляют по формуле:

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \varphi_i \quad (3)$$

где φ_i - поток альфа-частиц в 2π ср в i -м измерении, с^{-1} ,

m - число повторных измерений источника.

8.1.7 Суммарную активность альфа-излучающих радионуклидов A , Бк, рассчитывают по формуле:

$$A = k \cdot \bar{\varphi} \quad (4)$$

где k – коэффициент перехода от потока альфа-частиц в 2π ср (внешнего излучения) к суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в источнике

$$k = (2,00 \pm 0,01) \text{ Бк/с}^{-1}$$

8.1.8 В случае использования компаратора для поверки источника ОСАИ подбирают идентичный по геометрическим размерам источник с таким же радионуклидом. Значения потока альфа-частиц в эталонном и поверяемом источниках не должны различаться более чем в 10 раз.

8.1.9 Поток альфа-частиц измеряют с помощью компаратора относительным методом в идентичных геометрических условиях путём сравнения скоростей счёта импульсов от поверяемого и эталонного источника с многократной сменой источников. Количество смен источников не менее 5.

8.1.10 Вычисляют отношение скоростей счёта импульсов от поверяемого и эталонного источников с поправкой на фон по формуле:

$$R_i = \frac{n_i - \bar{n}_\Phi}{n_{\exists i} - \bar{n}_\Phi} \quad (5)$$

где n_i – скорость счёта импульсов от поверяемого источника в i серии измерений, с^{-1} ,

$n_{\exists i}$ – скорость счёта импульсов от эталонного источника в i серии измерений, с^{-1} ,

\bar{n}_Φ – фоновая скорость счёта импульсов по п. 8.1.2, с^{-1} .

8.1.11 Поток альфа-частиц от поверяемого источника в 2π ср рассчитывают по формуле:

$$\varphi_i = \varphi_\exists \cdot R_i \quad (6)$$

где φ_\exists – поток альфа-частиц в 2π ср, из паспорта эталона или протокола поверки, Бк

Вычисляют среднее значение потока альфа-частиц в 2π ср по формуле (3).

Суммарную активность альфа-излучающих радионуклидов в источнике, Бк, определяют по формуле (4).

8.1.12 Доверительные границы относительной погрешности потока альфа-частиц в 2π ср и суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в поверяемом источнике при доверительной вероятности $P = 0,95$ определяют согласно ГОСТ Р 8.736-2011.

8.1.13 Определяют относительное среднее квадратическое отклонение S среднего арифметического $\bar{\varphi}$ по формуле (в процентах):

$$S = \frac{100}{\bar{\varphi}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\varphi_i - \bar{\varphi})^2}{n(n-1)}} \quad (7)$$

где φ_i – поток альфа-частиц в 2π ср, определенный по формуле (2) для метода прямых измерений и по формуле (6) в случае применения для поверки компаратора;

$\bar{\varphi}$ – среднее значение потока альфа-частиц в 2π ср, определенное по формуле (3)

Доверительные границы ε (без учета знака) случайной погрешности оценки потока альфа-частиц в 2π ср вычисляют по формуле:

$$\varepsilon = t \cdot S \quad (8)$$

где t - коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности Р и числа результатов измерений n находят по таблице, приведенной в приложении Д ГОСТ Р 8.736-2011.

S - относительное среднее квадратическое отклонение среднего арифметического

8.1.14 Для прямых измерений на спектрометре границы неисключенной систематической погрешности оценки потока альфа-частиц в 2π ср при доверительной вероятности $P=0,95$ определяют по формуле:

$$\theta_\Sigma = \pm |\theta_{\varphi_3}| \quad (9)$$

где θ_{φ_3} – границы неисключенной систематической погрешности (НСП) оценки потока альфа-частиц в 2π ср при измерениях на эталоне, %, из паспорта эталона или протокола о поверке спектрометра, применяемого в качестве эталона.

Для сличений с помощью компаратора границы неисключенной систематической погрешности оценки потока альфа-частиц в 2π ср при доверительной вероятности $P=0,95$ определяют по формуле:

$$\theta_\Sigma = \pm |\theta_{\varphi_3}| \quad (10)$$

где θ_{φ_3} – границы неисключенной систематической погрешности оценки потока альфа-частиц в 2π ср от эталонного источника, %, из паспорта эталона или протокола поверки источника, применяемого в качестве эталона.

8.1.15 Границы погрешности оценки потока альфа-частиц в 2π ср Δ_φ (без учета знака) вычисляют по формуле:

$$\Delta_\varphi = K \cdot S_\Sigma \quad (11)$$

где $K = \frac{\varepsilon + \theta_\Sigma}{S + S_\theta}$ - коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП;

$S_\Sigma = \sqrt{S_\theta^2 + S^2}$ - суммарное среднее квадратическое отклонение оценки потока альфа-частиц в 2π ср, %;

$S_\theta = \theta_\Sigma / \sqrt{3}$ - среднее квадратическое отклонение НСП;

8.1.16 Границы погрешности оценки суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в источнике (без учета знака), определенной по формуле (4), вычисляют по формуле:

$$\Delta_A = \Delta_\varphi + \frac{\theta_k}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

где $\theta_k = 0,5\%$ – границы неисключенной систематической погрешности (НСП) оценки коэффициента перехода от потока альфа-частиц в 2π ср (внешнего излучения) к суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в источнике.

8.1.17 Результат поверки по п. 8.1 считается положительным, если значения Δ_φ и Δ_A составляет не более 5% для рабочих эталонов 1 разряда и не более 7% для рабочих эталонов 2 разряда.

8.2 Подтверждение соответствия метрологическим требованиям

8.2.1 Источник ОСАИ признают соответствующим метрологическим требованиям, указанным в Таблице 1 настоящей Методики поверки, и результаты поверки признают положительными, если операции по пп. 6–8.1 выполнены с положительными результатами.

8.2.2 Источник ОСАИ признают не соответствующим метрологическим требованиям, указанным в Таблице 1 настоящей Методики поверки, и результаты поверки признают отрицательными, если хотя бы одна операция по пп. 6–8.1 выполнена с отрицательным результатом

8.2.3 Источники ОСАИ соответствуют обязательным метрологическим требованиям ГОСТ 8.033-2023 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников», предъявляемым к рабочим эталонам 1 и 2 разрядов, если операции поверки по п.8.1 выполнены с положительным результатом.

9 Оформление результатов поверки

- 9.1 Все результаты заносятся в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.
- 9.2 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке.
- 9.3 По письменному заявлению заказчика положительные результаты поверки оформляются свидетельством о поверке по установленной форме.
- 9.4 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.
- 9.5 Средство измерений, не прошедшее поверку, к обращению не допускается. По письменному заявлению заказчика на него выдается извещение о непригодности по установленной форме 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	
Дата предыдущей поверки	

Вид поверки:

Методика поверки:

Средства поверки:

Наименование и регистрационные номера эталона, СИ, СО в Федеральном информационном фонде	Метрологические характеристики	Примечание

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °C	от 15 до 25	
Атмосферное давление, кПа	от 86 до 106,7	
Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80	
Внешний фон гамма-излучения, мкЗв/ч	не более 0,2	

Результаты поверки:

1 Внешний осмотр средства измерений

Внешний вид, комплектность, маркировка *соответствует* (*не соответствует*) требованиям эксплуатационной документации.

Внешние повреждения *отсутствуют* (*присутствуют*).

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

2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

Уровень нефиксированного радиоактивного загрязнения (ниже/выше предельного значения). Результаты опробования положительные (отрицательные).

3 Определение метрологических характеристик

Таблица 1 –Поток альфа-частиц в 2π ср и суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов в источнике

Номер источника	Скорость счета фона, с^{-1}	Скорость счета от источника, с^{-1}	Поток альфа-частиц в 2π ср, с^{-1}	Активность радионуклида, Бк
Среднее				

Таблица 2 –Относительная погрешность потока альфа-частиц в 2π ср и относительная погрешность суммарной активности альфа-излучающих радионуклидов в источнике

Номер источника	Радионуклид	Поток альфа-частиц в 2π ср, с^{-1}	Доверительные границы относительной погрешности потока альфа-частиц в 2π ср ($P=0,95$), %	Активность радионуклида, Бк	Доверительные границы относительной погрешности активности ($P=0,95$), %	Пределы допускаемой относительной погрешности, %

Результаты проверки по п. 4 положительные (отрицательные).

Заключение:

Источник ОСАИ зав. № _____ соответствует (не соответствует) предъявляемым требованиям и признан пригодным (непригодным) к применению.

На основании результатов поверки выдано (по заявлению заказчика):

Свидетельство о поверке № _____ от _____ г.

(Извещение о непригодности № _____ от _____ г.)

Причина непригодности: _____

Номер записи сведений о результатах поверки в ФИФ ОЕИ:

Проверку выполнил

подпись

Дата

ФИО

1 Частичное воспроизведение протокола не допускается без разрешения организации, выдавшей протокол поверки.

2 Полученные результаты относятся только к указанным в протоколе объектам поверки.