

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

«02» марта 2023 г.

Заместитель генерального директора
Е. П. Кривцов
доверенность № 54/2021
от 24.12.2021


Государственная система обеспечения единства измерений

Спектрометры-дозиметры нейтронов и гамма-квантов SDMF


Методика поверки

МП 2104-033-2023

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


Г.В. Жуков

Руководитель лаборатории


Н.Н. Моисеев

г. Санкт-Петербург
2023 г.

Содержание

Общие положения	3
1 Перечень операций поверки средства измерений.....	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 и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	8
10 Оформление результатов поверки.....	12
Приложение А (рекомендуемое)	13

Общие положения

Настоящая методика поверки (далее по тексту - МП) распространяется на спектрометры-дозиметры нейтронов и гамма-квантов SDMF (далее по тексту - спектрометры-дозиметры).

Настоящая МП устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Поверка проводится методом прямых измерений величин, воспроизводимых эталонами, и обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к Государственному первичному эталону единиц потока и плотности потока нейтронов ГЭТ 10-2023 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений потока и плотности потока нейтронов ГОСТ 8.031-82, Государственному первичному эталону единиц активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2022 года № 3341, Государственному первичному эталону единиц 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 ГЭТ 8-2019 в соответствии с Государственной поверочной схемой 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, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 декабря 2020 года № 2314.

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.

1 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны быть выполнены 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

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	7
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	8
4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	да	да	9
4.1 Проверка диапазона энергий регистрируемого нейтронного излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии нейтронов	да	да	9.1
4.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии 14 МэВ (реакция $T(d,n)^4He$).	да	да	9.2
4.3 Проверка диапазона измерений плотности потока нейтронов и определение относительной погрешности измерений плотности потока нейтронов	да	да	9.3
4.4 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии гамма-квантов	да	да	9.4
4.5 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ	да	да	9.5
4.6 Проверка диапазона измерений плотности потока гамма-квантов и определение относительной погрешности измерений плотности потока гамма-квантов	да	да	9.6
4.7 Проверка диапазона измерений мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения и определение относительной погрешности измерений мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения	да	да	9.7
4.8 Проверка диапазона измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и определение относительной погрешности измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	да	да	9.8

2 Требования к условиям проведения поверки

Поверка должна быть проведена при соблюдении следующих условий:

- температура окружающего воздуха от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 86 до 106,7 кПа;
- внешний радиационный фон (мощность AMBIENTного 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 радиометрии, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений, изучившие эксплуатационную документацию СЕБР.412153.100 РЭ и 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 информационном 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)	Средство измерений температуры в диапазоне измерений от 0 до +40 °С, цена деления 1 °С, погрешность не более 0,5 °С Средство измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 80 до 107 кПа, погрешность не более 3 %. Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 10 до 100 %, абсолютная погрешность не более 5 %. Средство измерений мощности AMBIENTного эквивалента дозы в диапазоне измерений от 0,05 мкЗв/ч до 10 Зв/ч, погрешность не более ±15 %	Метеометры МЭС-200А рег. № 27468-04. Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1123 рег. № 19793-19
п. 9.1 Проверка диапазона энергий регистрируемого нейтронного излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии нейтронов	Генераторы моноэнергетических нейтронов в диапазоне энергий от 2,5 до 14,8 МэВ, погрешность значений энергии - не более ± 0,05 МэВ	Установка УЭППН из состава ГЭТ 10-2023
п. 9.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии 14 МэВ (реакция $T(d,n)^4He$)	Генераторы моноэнергетических нейтронов с энергией 14,8 МэВ, погрешность значения энергии - не более ± 0,05 МэВ	Установка УЭППН из состава ГЭТ 10-2023
п. 9.3 Проверка диапазона измерений плотности потока нейтронов и определение относительной погрешности измерений плотности потока нейтронов	Эталон плотности потока нейтронов – генераторы нейтронов, наборы радионуклидных источников нейтронов, погрешность не более ±4 %	Установка УЭППН из состава ГЭТ 10-2023
п. 9.4 Проверка диапазона энергий регистрируемого гамма-излучения	Наборы спектрометрических источников гамма-излучения, погрешность значений энергии – не более ± 0,05 кэВ	Источники радионуклидные закрытые фотонного

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
чения и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии гамма-квантов		излучения эталонные ОСГИ-РТ рег. № 74005-19
п. 9.5 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида с энергией 661,7 кэВ	Спектрометрический источник гамма-излучения на основе радионуклида ^{137}Cs , погрешность значения энергии – не более $\pm 0,05$ кэВ	Источники радионуклидные закрытые фотонного излучения эталонные ОСГИ-РТ рег. № 74005-19
п. 9.6 Проверка диапазона измерений плотности потока гамма-квантов и определение относительной погрешности измерений плотности потока гамма-квантов	Рабочие эталоны активности радионуклидов не ниже 1-го разряда – наборы спектрометрических источников типа ОСГИ, погрешность не более ± 3 % по ГПС для средств измерений активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2022 года № 3341	Источники радионуклидные закрытые фотонного излучения эталонные ОСГИ-РТ рег. № 74005-19
п. 9.7 Проверка диапазона измерений мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения и определение относительной погрешности измерений мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения	Эталонные плотности потока нейтронов – генераторы нейтронов, наборы радионуклидных источников нейтронов, погрешность не более ± 4 %	Установка УЭППН из состава ГЭТ 10-2023
п. 9.8 Проверка диапазона измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и определение относительной погрешности измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	Рабочие эталоны амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения не ниже 1-го разряда по ГПС 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, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 декабря 2020 года № 2314.	Рабочий эталон 1 разряда единиц мощности амбиентного эквивалента дозы в диапазоне от $4,50 \cdot 10^{-7}$ до $5,18 \cdot 10^{-4}$ Зв/ч и мощности поглощенной дозы в воздухе в диапазоне от $3,66 \cdot 10^{-7}$ до $4,20 \cdot 10^{-4}$ Гр/ч гамма-излучения. 3.1.ЗБН.2924.2022
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, 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 предприятии, проводящем поверку.

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 эксплуатационной документации СЕБР.412153.100 РЭ, описания типа и записи о предыдущей поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (при периодической поверке);
- соответствие комплектности спектрометра-дозиметра требованиям эксплуатационной документации СЕБР.412153.100 РЭ;
- читаемость и соответствие маркировки спектрометра-дозиметра;
- отсутствие механических повреждений (трещин, сколов).

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с эксплуатационной документацией СЕБР.412153.100 РЭ.

7.2 Спектрометр-дозиметр и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

7.3 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.

7.4 При проведении опробования включают спектрометр-дозиметр в соответствии с разделом 2.3 эксплуатационной документации СЕБР.412153.100 РЭ. При включении спектрометр-дозиметр проводит первичную стабилизацию, после завершения которой переходит в режим индикации мощности дозы. По наличию показаний убедиться в работоспособности спектрометра-дозиметра.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (далее по тексту - ПО) спектрометра-дозиметра включает:

- проверку наличия и соответствия идентификационных наименований и номеров версий программных модулей ПО;
- проверку цифровых идентификаторов (контрольная сумма исполняемого кода) программных модулей ПО.

8.2 Идентификационные данные ПО должны соответствовать таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО спектрометра-дозиметра

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	SDMF-PRO.DB(D)SN.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	v.23.31.03.2023
Цифровой идентификатор ПО (по MD5)	e19a4acc060e86b9c7356175e2369d31

Наименование и номера версий ПО спектрометра-дозиметра (файл SDMF-PRO.DB(D)SN.exe) отображаются стандартными способами операционной системы Windows (выбор соответствующего файла, нажатие правой кнопкой мыши, выбор пункта меню «Свойства», вкладка «Подробно»).

Контрольная сумма для исполняемого файла SDMF-PRO.DB(D)SN.exe ПО (путь: C:\SDMF-XXXX \SDMF-PRO.DB(D)SN.exe) рассчитывается по алгоритму MD5 при помощи стандартной программы MD5 FileChecker (либо аналогичной).

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

9.1 Проверка диапазона энергий регистрируемого нейтронного излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии нейтронов

9.1.1 Проверку проводят с использованием генератора моноэнергетических нейтронов с энергиями нейтронов 2,5 МэВ (реакция $D(d,n)^3\text{He}$) и 8 МэВ (реакция $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$).

9.1.2 Поток нейтронов из реакции и время измерения выбирают такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра была в пределах до 2000 имп/с, а число импульсов в каждом пике полного поглощения (ППП) не менее 10^4 .

9.1.3 Выполняют последовательно измерения спектров в соответствии с п. 2.3.1 Руководства по эксплуатации. Спектры сохраняют для последующей обработки.

9.1.4 Проводят обработку спектров в соответствии с п. 2.3.1 Руководства по эксплуатации.

9.1.5 В каждом измеренном спектре определяют положение пиков E_i , соответствующих i -тым энергиям нейтронов E_{0i} , указанным в п. 9.1.1, и определяют отклонения по формуле:

$$\Delta E_i = E_i - E_{0i} \quad (1)$$

9.1.6 Определяют погрешность характеристики преобразования (ПХП) по максимальному значению полученных отклонений ($\Delta E_{i\max}$) по формуле:

$$\text{ПХП} = (\Delta E_i^{\max} / E_{\max}) \cdot 100\% \quad (2)$$

где E_{\max} – верхняя граница диапазона энергии регистрируемого излучения, кэВ

9.1.7 Результаты поверки считаются положительными, если в диапазоне энергий регистрируемого нейтронного излучения от 0,1 до 10 МэВ полученное значение ПХП не превышает $\pm 3\%$.

9.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии 2,5 МэВ (реакция $D(d,n)^3\text{He}$).

9.2.1 Проверку относительного энергетического разрешения нейтронного канала по линии 2,5 МэВ регистрируемого спектрометром-дозиметром проводят с помощью установки УЭППН из состава ГЭТ 10-2023.

9.2.2 Проводят регистрацию нейтронного излучения с энергией 2,5 МэВ из реакции $D(d,n)^3\text{He}$ при интегральной загрузке не более 1000 имп/с. Полное число импульсов в пике должно быть не менее 10^5 импульсов.

9.2.3 Вычисляют значение относительного энергетического разрешения μ_n (%) по формуле

$$\mu_n = (E_2 - E_1) / E \cdot 100\%, \quad (3)$$

где: E_1, E_2 – координаты проекций на ось абсцисс точек пересечения правой и левой образующих пика с линией, проведённой параллельно оси абсцисс на половине высоты пика;

E – энергия моноэнергетических нейтронов, равная 2,5 МэВ.

9.2.4 Результат проверки считают положительным, если значение относительного энергетического разрешения по линии 2,5 МэВ (реакция $D(d,n)^3\text{He}$) не превышает 4 %.

9.3 Проверка диапазона измерений плотности потока нейтронов и определение относительной погрешности измерений плотности потока нейтронов.

9.3.1 Проверку диапазона и погрешности измерения плотности потока нейтронов проводят с использованием установки УЭППН из состава ГЭТ 10-2023.

9.3.2 Устанавливают блок детектирования в поле установки УЭППН на расстоянии от источника нейтронов, обеспечивающем плотность потока в месте расположения эффективного центра блока детектирования $20 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

9.3.3 Проводят не менее 10 измерений плотности потока нейтронов.

9.3.4 Рассчитывают среднее значение плотности потока нейтронов φ_1 по формуле

$$\varphi_1 = \frac{\sum \varphi_i}{n} \quad (4)$$

9.3.5 Рассчитывают СКО среднего значения плотности потока нейтронов в процентах по формуле

$$S = \frac{100}{\varphi_1} \sqrt{\frac{\sum (\varphi_1 - \varphi_i)^2}{n(n-1)}} \quad (5)$$

9.3.6 Определяют границы неисключённой систематической погрешности результата измерения потока нейтронов при доверительной вероятности $P = 0,95$ по формуле

$$\theta = \pm (\Delta + \delta_o) \quad (6)$$

где δ_o – погрешность эталонного значения φ_1 , %;

$\Delta = \left| \frac{\varphi_1 - \varphi_{13}}{\varphi_{13}} \right| \cdot 100$ – относительная погрешность показаний спектрометра-дозиметра при измерении φ_1 , %.

9.3.7 Рассчитывают доверительные границы относительной погрешности результата измерения φ_1 по формуле

$$\delta = 1,1 \sqrt{S^2 + \frac{\theta^2}{3}} \quad (7)$$

9.3.8 Повторяют процедуру 9.3.2 – 9.3.7, изменяя значение плотности потока нейтронов в диапазоне от 20 до $2 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

9.3.9 Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительная погрешность измерений плотности потока нейтронов для всех выбранных точек диапазона не превышает ± 7 %.

9.4 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии гамма-квантов

9.4.1 Проверку проводят с использованием закрытых радионуклидных источников фотонного излучения из набора ОСГИ-3 (диапазон энергий гамма-квантов от 122,06 до 2614,53 кэВ) и источника Pu-Be(α ,n) (энергии гамма-квантов 4430 кэВ и 7650 кэВ).

9.4.2 Активность радионуклидных источников и время измерения выбираются такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра была в пределах до 2000 имп/с, а число импульсов в каждом пике полного поглощения (ППП) не менее 10^4 . Источники излучения помещаются в (на) устройство позиционирования на оси детектора.

9.4.3 Выполняют последовательно измерения спектров источников, указанных в п. 9.4.1. Спектры сохраняют для последующей обработки.

9.4.4 Проводят обработку спектров в соответствии с Руководством по эксплуатации.

9.4.5 В каждом измеренном спектре определяют положение пиков E_i , соответствующих i -тым энергиям гамма-квантов E_{0i} , и отклонения по формуле (1).

9.4.6 Определяют погрешность характеристики преобразования (ПХП) по максимальному значению полученных отклонений (ΔE_{imax}) по формуле (2).

9.4.7 Результаты поверки считаются положительными, если во всём диапазоне энергий регистрируемого гамма-излучения полученное значение ПХП не превышает $\pm 2\%$.

9.5 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ.

9.5.1 Определение относительного энергетического разрешения проводят с использованием закрытого радионуклидного источника фотонного излучения типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs .

9.5.2 Активность радионуклидного источника и время измерения выбираются такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра была в пределах до 1000 имп/с. Источник излучения помещается в (на) устройство позиционирования на оси детектора.

9.5.3 Проводят регистрацию гамма-излучения с энергией 661,7 кэВ при интегральной загрузке не более 1000 имп/с. Полное число импульсов в пике должно быть не менее 10^5 импульсов.

9.5.4 Вычисляют значение относительного энергетического разрешения μ_n (%) по формуле (3).

9.5.5 Результаты проверки считаются положительными, если относительное энергетическое разрешение по линии гамма-излучения 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs не превышает 12 %.

9.6 Проверка диапазона измерений плотности потока квантов и определение относительной погрешности измерений плотности потока квантов.

9.6.1 Проверку диапазона и пределов допускаемой погрешности измерения плотности потока квантов проводят с использованием источника фотонного излучения типа ОСГИ с радионуклидом ^{137}Cs из состава эталона 1 разряда единицы активности гамма-излучающих радионуклидов.

9.6.2 Активность источника и время измерения выбираются такими, чтобы статистическая загрузка спектрометра-дозиметра была в пределах до 2000 имп/с, а число импульсов в пике полного поглощения (ППП) не менее 10^5 .

9.6.3 Устанавливают источник в (на) устройство позиционирования на оси детектора таким образом, чтобы плотность потока квантов в месте расположения эффективного центра блока детектирования составляла $20 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

9.6.4 Проводят не менее 10 измерений плотности потока квантов.

9.6.5 Рассчитывают среднее значение плотности потока квантов ϕ_1 по формуле (4).

9.6.6 Рассчитывают СКО среднего значения плотности потока квантов в процентах по формуле (5).

9.6.7 Определяют границы неисключённой систематической погрешности результата измерения потока нейтронов при доверительной вероятности $P=0,95$ по формуле (6).

9.6.8 Рассчитывают доверительные границы относительной погрешности результата измерения плотности потока квантов по формуле (7).

9.6.9 Повторяют процедуру 9.6.2 – 9.6.8, изменяя значение плотности потока квантов в диапазоне от 20 до $2 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

9.6.10 Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительная погрешность измерений плотности потока квантов для всех выбранных точек диапазона не превышает $\pm 10\%$.

9.7 Проверка диапазона измерений мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения и определение относительной погрешности измерений мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения.

9.7.1 Устанавливают блок детектирования спектрометра-дозиметра в поле установки из состава рабочего эталона амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения в позицию, обеспечивающую мощность амбиентного эквивалента дозы в месте расположения эффективного центра блока детектирования 20 мкЗв/ч .

9.7.2 Проводят не менее 10 измерений мощности амбиентного эквивалента дозы.

9.7.3 Рассчитывают среднее значение мощности амбиентного эквивалента дозы H_1^* по формуле

$$H_1^* = \frac{\sum H_i^*}{n} \quad (8)$$

9.7.4 Рассчитывают СКО среднего значения мощности амбиентного эквивалента дозы в процентах по формуле

$$S = \frac{100}{H_1^*} \sqrt{\frac{\sum (H_1^* - H_i^*)^2}{n(n-1)}} \quad (9)$$

9.7.5 Определяют границы неисключённой систематической погрешности результата измерения мощности амбиентного эквивалента дозы при доверительной вероятности $P=0,95$ по формуле

$$\theta = \pm(\Delta + \delta_o) \quad (10)$$

где δ_o – погрешность эталонного значения H_{13}^* , %;

$\Delta = \left| \frac{H_1^* - H_{13}^*}{H_{13}^*} \right| \cdot 100$ – относительная погрешность показаний спектрометра-дозиметра при измерении H_{13}^* , %.

9.7.6 Рассчитывают доверительные границы основной относительной погрешности результата измерения H_1^* по формуле

$$\delta = 1,1 \sqrt{S^2 + \frac{\theta^2}{3}} \quad (11)$$

9.7.7 Повторяют процедуру 9.7.2 – 9.7.6, изменяя значение мощности амбиентного эквивалента дозы в диапазоне от 2 до $1,8 \cdot 10^4$ мкЗв/ч.

9.7.8 Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительная погрешность измерений мощности амбиентного эквивалента дозы для всех выбранных точек диапазона не превышает $\pm 12\%$.

9.8 Проверка диапазона измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и определение относительной погрешности измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения

9.8.1 Устанавливают блок детектирования спектрометра-дозиметра в поле установки из состава рабочего эталона амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на расстоянии от источника, обеспечивающим мощность амбиентного эквивалента дозы в месте расположения эффективного центра блока детектирования 20 мкЗв/ч.

9.8.2 Проводят измерения в соответствии с п.п. 9.7.1 – 9.7.7.

9.8.3 Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительная погрешность измерений мощности амбиентного эквивалента дозы для всех выбранных точек диапазона не превышает $\pm 12\%$.

9.9 Спектрометр-дозиметр признают соответствующим метрологическим требованиям, указанным в описании типа, если операции по п.п. 9.1 – 9.8 выполнены с положительными результатами.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Все результаты заносятся в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

10.2 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке.

10.3 По письменному заявлению владельца СИ или лица, представившего СИ на поверку, положительные результаты поверки оформляются свидетельством о поверке установленной формы. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

10.4 Средство измерений, не прошедшее поверку, к обращению не допускается. По письменному заявлению владельца СИ или лица, представившего СИ на поверку, на него выдается 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	Спектрометр-дозиметр нейтронов и гамма-квантов SDMF
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской номер	
Изготовитель	ООО «Центр АЦП», Россия
Год выпуска	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки	
Дата предыдущей поверки	

Вид поверки:

Методика поверки: МП 2104-033-2023 «Спектрометры-дозиметры нейтронов и гамма-квантов SDMF. 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, °С	от 15 до 25	
Атмосферное давление, кПа	от 86 до 106	
Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 70	

Результаты поверки

1 Внешний вид:

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

Внешние повреждения прибора *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 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО)

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии ПО	Номер версии ПО при проверке	Контрольная сумма ПО	Контрольная сумма ПО при проверке
SDMF	SDMF-PRO.DB(D)SN.exe	v. 23.31.03.2023		e19a4acc060e86b9c7356175e2369d31	

Результаты подтверждения соответствия ПО *положительные (отрицательные)*.

4 Определение метрологических характеристик

4.1 Проверка диапазона энергий регистрируемого нейтронного излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии нейтронов

ПХП, %	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 3 %	

Результаты проверки ПХП *положительные (отрицательные)*.

4.2 Определение относительного энергетического разрешения по линии 2,5 МэВ (реакция $D(d,n)^3He$).

μ_n , %	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 4 %	

Результаты определения энергетического разрешения *положительные (отрицательные)*.

4.3 Проверка диапазона и погрешности измерения плотности потока нейтронов.

δ , %	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 7 %	

Результаты определения диапазона измерения плотности потока нейтронов *положительные (отрицательные)*.

4.4 Проверка диапазона энергии регистрируемого гамма-излучения и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии гамма-квантов

ПХП, %	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 2 %	

Результаты проверки ПХП *положительные (отрицательные)*.

4.5 Определение относительного энергетического разрешения по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,7 кэВ.

μ_γ , %	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 12 %	

Результаты определения энергетического разрешения *положительные (отрицательные)*.

4.6 Проверка диапазона и погрешности измерения плотности потока квантов.

$\delta, \%$	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 10 %	

Результаты определения диапазона и погрешности измерения плотности потока квантов *положительные (отрицательные)*.

4.7 Проверка диапазона и погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения.

$\delta, \%$	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 10 %	

Результаты определения диапазона и погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного *положительные (отрицательные)*.

4.8 Проверка диапазона и погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения

$\delta, \%$	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 12 %	

Результаты определения диапазона и погрешности измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения *положительные (отрицательные)*.

Заключение:

Спектрометр-дозиметр SDMF-_____ 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:

Поверку выполнил _____
ФИО подпись Дата

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

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