

**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

«26» февраля 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Спектрометры-дозиметры нейтронов и гамма-квантов SDMF

Методика поверки

МП 2104-038-2024

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

Г.В. Жуков

**Руководитель лаборатории
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

Н.Н. Моисеев

**Санкт-Петербург
2024**

Содержание

Общие положения	3
1 Перечень операций поверки средства измерений	3
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, утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 ноября 2023 года № 2416, 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.

Примечание. Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин.

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
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 для модификаций SDMF-1608 и SDMF-1608SN - по линии 14,8 МэВ (реакция $T(d,n)^4\text{He}$), для модификации SDMF-1206SN по линии 2,5 МэВ ($D(d,n)^3\text{He}$).	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 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 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 амбиентного 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 0,1 до 19 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 14,8 МэВ (реакция $T(d,n)^4He$) и по линии 2,5 МэВ (реакции $D(d,n)^4He$)	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 энергии регистрируемого гамма-излучения	Наборы спектрометрических источников гамма-излучения, погрешность значений энергии – не	Источники радионуклидных закрытых фотонного

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
и определение относительной погрешности характеристики преобразования при измерении энергии гамма-квантов	более $\pm 0,05$ кэВ	излучения эталонные ОС-ГИ-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 ОС-ГИ-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 ОС-ГИ-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	Эталоны 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 фоновое 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 Наименование и номер 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»).

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

8.4 Идентификационные данные ПО приведены в 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	23.х.у.[год обновления]*
Примечания: 1) * 23 – метрологически значимая часть, х.у.[год обновления] – составная часть номера версии ПО (метрологически незначимая, изменяемая часть), х может принимать значения от 1 до 99, у может принимать значения от 1 до 999, [год обновления] – календарный год обновления ПО, не ниже 2023. 2) Текущий номер версии и контрольная сумма ПО приведены в разделе «Свидетельство о приемке» формуляра. 3) Результаты проверки ПО (номер версии и контрольную сумму) вносят в протокол поверки.	

При несоответствии номера версии и контрольной суммы, за исключением случаев официальной замены производителем программного обеспечения, выдается извещение о непригодности.

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 $D(d,n)^3He$) и 14,8 МэВ (реакция $T(d,n)^4He$).

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:

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

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

9.1.7 Результаты поверки считаются положительными, если полученное значение погрешности характеристики преобразования не превышает $\pm 3\%$.

9.2 Определение относительного энергетического разрешения

9.2.1 Проверку относительного энергетического разрешения нейтронного канала проводят с помощью установки УЭППН из состава ГЭТ 10-2023.

9.2.2 Для модификаций SDMF-1608 и SDMF-1608SN проводят регистрацию нейтронного излучения с энергией 14,8 МэВ из реакции $T(d,n)^4\text{He}$ при интегральной загрузке не более 1000 имп/с. Полное число импульсов в пике должно быть не менее 10^5 .

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 14,8 МэВ.

9.2.4 Результат проверки считают положительным, если значение относительного энергетического разрешения нейтронного по линии 14,8 МэВ не превышает 4 %.

9.2.5 Для модификации SDMF-1206SN проводят регистрацию нейтронного излучения с энергией 2,5 МэВ из реакции $D(d,n)^4\text{He}$ при интегральной загрузке не более 1000 имп/с. Полное число импульсов в пике должно быть не менее 10^5 .

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

9.2.7 Результат проверки считают положительным, если значение относительного энергетического разрешения нейтронного по линии 2,5 МэВ 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_{13} , %;

$\Delta = \left| \frac{\varphi_1 - \varphi_{13}}{\varphi_{13}} \right| \cdot 100$ – 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 $\pm 7 \%$.

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 квантов 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

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

9.7.5 Определяют границы неисклѳченной 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 ± 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 ± 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 2104-038-2024 «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				

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 $D(d,n)^4He$).

μ_n , %	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 4 %	

4.3 Определение относительного энергетического разрешения по линии 14,8 МэВ (реакция $T(d,n)^4He$).

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 гамма-квантов.

δ , %	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 10 %	

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

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

δ , %	Требования НД	Измеренное значение
	Не более 10 %	

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

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

δ , %	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.