

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»

Заместитель генерального директора
Е. В. Кривоцов

А.Н. Пронин

доверенность № 54/2021
от 24.12.2021 г.

М.П. « 20 » декабря 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Радиометры быстрых нейтронов
РБН-А1

Методика поверки

МП 2104-032-2023

И.о. руководителя отдела
измерений ионизирующих
излучений


Г.В. Жуков

Руководитель лаборатории


Н.Н. Моисеев

Санкт-Петербург
2023

Содержание

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

Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на радиометры быстрых нейтронов РБН-А1 (далее – радиометры), предназначенные для измерения плотности потока нейтронов (ППН) в полях, создаваемых нейтронными генераторами, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Поверка проводится методом прямых измерений величин, воспроизводимых эталоном, и должна обеспечивать прослеживаемость поверяемого средства измерений к Государственному первичному эталону ГЭТ 10-2023 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений потока и плотности потока нейтронов, утвержденной приказом Росстандарта от 21.11.2023 № 2416.

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

Периодической поверке подлежат радиометры в процессе эксплуатации и после длительного (более двух лет) хранения.

Примечание. При пользовании настоящей методикой поверки 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.

Методикой поверки не предусмотрена поверка в сокращённом объёме.

1 Перечень операций поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование	7	да	да
3 Проверка ПО	8	да	да
4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	9	да	да
5 Оформление результатов поверки	10	да	да

2 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

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

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются сотрудники, допущенные к работе в качестве поверителя, имеющие допуск к работе с источниками

ионизирующих излучений, изучившие Руководство по эксплуатации ЦДРМ.418211.010.00 РЭ и настоящую Методику поверки.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки должны применяться основные и вспомогательные средства измерений, представленные в таблице 2.

4.2 Все средства измерений должны иметь действующие записи о положительных результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

4.3 Допускается использование иных средств измерений с метрологическими характеристиками, не уступающими приведенным в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки и вспомогательное оборудование

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	Диапазон значений плотности потока нейтронов от 10^4 до $1 \cdot 10^7$ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$; погрешность значений плотности потока нейтронов не более $\pm 2 \%$	Государственный первичный эталон единиц потока и плотности потока нейтронов ГЭТ 10-2023
Контроль параметров окружающей среды	Диапазон измерений давления от 80 до 110 кПа, погрешность $\pm 0,3$ кПа. Диапазон измерений температуры от минус $10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $50 \text{ }^\circ\text{C}$, погрешность $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Диапазон измерений относительной влажности от 0 до 98 %, погрешность $\pm 3 \%$.	Метеометр МЭС-200А, рег. № 27468-04
Контроль радиационного фона, контроль загрязнённости источников	Диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы $\text{H}^*(10)$ от 0,03 мкЗв/ч до 300 мкЗв/ч, погрешность $\pm 15 \%$. Диапазон измерений плотности потока бета-частиц от $0,5 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ до $1,5 \cdot 10^5 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$, погрешность $\pm 20 \%$	Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117, рег. № 29551-20
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 (условия) 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 и правила техники безопасности, действующие на данном предприятии.

5.2 Измерительные приборы и источники питания, используемые при поверке изделия,

должны быть надежно заземлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации, иметь действующие сроки поверки/калибровки и находиться в исправном состоянии.

Отключение и подключение соединительных кабелей к приборам производить при отключенном питании.

6 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должны быть установлены:

- комплектность радиометра и эксплуатационных документов на него в объеме, достаточном для проведения поверки;
- сохранность пломб;
- наличие маркировки и пломб изготовителя на блоках детектирования;
- отсутствие загрязнений, механических повреждений и дефектов на блоке детектирования, которые могут повлиять на его работоспособность.

7 Подготовка к поверке и опробование

7.1 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с руководством по эксплуатации радиометра ЦДРМ.418211.010.00 РЭ (далее РЭ).

7.2 Радиометр, эталоны, средства измерений и вспомогательное оборудование должны быть подготовлены к работе.

7.3 Провести опробование средства измерений.

При опробовании радиометра проверяют его работоспособность в соответствии с разделом 2.2 Руководства по эксплуатации радиометра ЦДРМ.418211.010.00 РЭ.

8 Проверка программного обеспечения

Проверка сохранности и соответствия идентификационных данных программного обеспечения (ПО) радиометра проводится в следующем объеме:

– проверка внешнего ПО ("Аспект-контроль") включает проверку идентификационного наименования ПО; проверку номера версии (идентификационного номера) ПО; проверку цифрового идентификатора ПО (контрольной суммы исполняемого кода); идентификационное наименование и номер версии ПО отображаются средствами WINDOWS в свойствах исполняемого файла;

– определение цифрового идентификатора (контрольной суммы исполняемого кода) ПО производят посредством подсчета контрольной суммы исполняемого кода BDPN.exe по методу MD5 с помощью внешней программы стороннего разработчика (например, MD5 File Checker);

– результат подтверждения соответствия внешнего ПО считается положительными, если полученные идентификационные данные соответствуют идентификационным данным, указанным в Описании типа. В таблице 3 приведены идентификационные данные ПО для версии 1.7.2.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Аспект-контроль
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.7.2
Цифровой идентификатор ПО (по MD5)	DC632BBBC950A45693BF756666D2059A

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение основной относительной погрешности измерения плотности потока нейтронов.

9.2 Подготавливают блок детектирования к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.3 Фиксируют радиометр в поле нейтронного генератора таким образом, чтобы ось пучка была перпендикулярна рабочей поверхности радиометра и проходила через центр чувствительного объема.

При этом должны соблюдаться следующие условия:

– расстояние между источником нейтронов и центром чувствительного объема детектора R должно находиться в диапазоне от 10 до 100 см;

– режимы работы генератора должны обеспечивать создание в точке расположения чувствительного объема детектора плотность потока нейтронов φ , в диапазоне от 10^4 до $10^8 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

9.4 Выбирают расстояние и режим работы генератора таким образом, чтобы создаваемое значение ППН φ , в точке расположения блока детектирования составляло примерно $10^5 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

9.5 Проводят не менее десяти измерений плотности потока нейтронов. Время экспозиции следует выбрать таким образом, чтобы суммарное число отсчетов было не менее 10^4 импульсов.

9.6 Рассчитывают среднее значение плотности потока по формуле

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{n} \sum \varphi_i, \quad (1)$$

9.7 Рассчитывают относительное СКО результата измерений по формуле

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

9.8 Рассчитывают СКО неисключённой систематической погрешности (НСП) радиометра по формуле

$$S_{\vartheta} = \sqrt{\frac{\vartheta^2}{3}}, \quad (3)$$

где $\vartheta = \frac{\bar{\varphi} - \varphi_0}{\varphi_0}$ - оценка границы НСП радиометра

9.9 Рассчитывают значение основной относительной погрешности радиометра δ_0 с доверительной вероятностью $P = 0,95$ в соответствии с ГОСТ 8.381-2009 по формуле

$$\delta_0 = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (4)$$

где S_{Σ} - суммарное среднее квадратическое отклонение;

K - коэффициент, зависящий от выбранной доверительной вероятности P и сочетания случайных и систематических погрешностей.

Суммарное среднее квадратическое отклонение S_{Σ} вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S^2 + S_{\delta}^2 + S_{\vartheta}^2}, \quad (5)$$

где S - среднее квадратическое отклонение результатов измерений, рассчитанное по формуле (2);

S_{δ} - среднее квадратическое отклонение НСП рабочего эталона, равное половине значения доверительной погрешности значения плотности потока нейтронов в контрольной точке для $P=0,95$;

S_{ϑ} - среднее квадратическое отклонение НСП радиометра, рассчитанное по формуле (3).

Коэффициент K вычисляют по формуле

$$K = \frac{t \cdot S + 1,1 \sqrt{g^2 + 4S_{\delta}^2}}{S + \sqrt{S_g^2 + S_{\delta}^2}}, \quad (6)$$

где t - коэффициент распределения Стьюдента, соответствующий доверительной вероятности 0,95 и числу степеней свободы $n-1$.

9.10 Повторяют операции 9.4 – 9.9 при значениях плотности потока нейтронов 10^6 , 10^7 и $10^8 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$.

9.11 Результаты проверки считают удовлетворительными, если основная относительная погрешность измерений ППН для всех выбранных точек диапазона не превышает 5 %.

9.12 Радиометр признают соответствующим метрологическим требованиям, указанным в Описании типа, если операции по п.п. 6 – 9 выполнены с положительными результатами.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результат поверки признают положительным, если с положительными результатами выполнены операции по п.п. 6 – 9. Результаты поверки заносят в Протокол поверки, форма которого приведена в приложении А.

10.2 По результатам поверки заполняют подразделы 13.3 «Периодический контроль основных эксплуатационных и технических характеристик» и 13.4 «Поверка средств измерений» Паспорта ЦДРМ.418211.010.00 ПС.

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

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

10.5 При отрицательных результатах поверки радиометр к эксплуатации не допускается. Сведения о непригодности передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке. По заявлению владельца радиометра или лица, представившего его на поверку, выдаётся Извещение о непригодности установленной формы с указанием причин непригодности.

Протокол поверки

№ _____ от _____ 201__ г.

Наименование прибора, тип:

Заводской номер:

Регистрационный номер в Федеральном
информационном фонде по обеспечению
единства измерений:

Заказчик:

Вид поверки _____

Наименование и номер Методики поверки _____

Средства поверки (наименование эталона и его регистрационный номер, тип и заводские
номера средств измерений, применяемых при поверке) _____

Условия поверки

Параметры	Требования НД	Измеренные значения

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1 Внешний осмотр

Внешний вид, комплектность, маркировка *соответствует (не соответствует)* описанию типа.

Внешние повреждения прибора *отсутствуют (присутствуют)*.

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

2 Опробование

2.1 Проверка работоспособности.

2.1.1 Проверка работоспособности в соответствии с разделом 2.2 Руководства по эксплуатации радиометра РБН-А1 ЦДРМ.418211.010.00 РЭ.

Результаты проверки работоспособности *положительные (отрицательные)*.

2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) радиометра РБН-А1.

2.2.1 Результаты проверки соответствия ПО радиометра РБН-А1 представлены в таблице А1.

Таблица А.1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии ПО	Номер версии ПО при поверке	Контрольная сумма ПО	Контрольная сумма ПО при поверке
ПО Аспект-контроль	Аспект-контроль	1.7.2		DC632BBBC950A456 93BF756666D2059A	

Результаты проверки соответствия ПО *положительные (отрицательные)*.

Вывод: Результаты опробования *положительные (отрицательные)*.

3 Определение основной относительной погрешности радиометра РБН-А1 при измерениях плотности потока нейтронов

Результаты определения основной относительной погрешности радиометра РБН-А1 при измерениях плотности потока моноэнергетических нейтронов из реакции $T(d,n)^4He$ представлены в таблице А.2.

Таблица А.2

$\varphi_{э}, c^{-1} \cdot cm^{-2}$												
φ_i	φ_{i1}	φ_{i2}										
n												
1												
2												
3												
4												
5												
$\varphi_{иср}$												
$\varphi_{инр}$												
$\Delta, \%$												

Обозначения в таблице:

$\varphi_{э}$ – эталонное значение плотности потока нейтронов, $c^{-1} \cdot cm^{-2}$;

φ_i – измеренное значение плотности потока нейтронов, $c^{-1} \cdot cm^{-2}$, φ_{i1} – результат измерения без экранирующего конуса, φ_{i2} – результат измерения с экранирующим конусом;

$\varphi_{иср}$ – среднее значение ППН по результатам серии измерений, $c^{-1} \cdot cm^{-2}$;

$\varphi_{инр}$ – среднее значение ППН, обусловленное прямым излучением, $c^{-1} \cdot cm^{-2}$ $\varphi_{инр} = \varphi_{i1} - \varphi_{i2}$;

Δ – рассчитанное значение погрешности, %;

Пределы допускаемой основной относительной погрешности радиометра РБН-А1 при измерениях плотности потока нейтронов в заявленном диапазоне измерений составляют $\pm 5 \%$.

Вывод: Результаты определения основной относительной погрешности радиометра РБН-А1 при измерениях плотности потока нейтронов: *положительные (отрицательные)*.

5 Выводы

Результаты поверки *положительные (отрицательные)*. Радиометр РБН-А1 зав № _____ *годен (не годен)* к применению.

Выдано свидетельство о поверке № (извещение о непригодности №)

Дата поверки:

Поверитель